VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
EKONOMICKÁ FAKULTA

KATEDRA FINANCÍ

Zajištění měnového rizika ve vybraném podniku

Currency Risk Hedging in a Selected Company

Student: Bc. Markéta Veselá

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Tomáš Tichý, Ph.D.

Ostrava 2014

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Ekonomická fakulta
Katedra financí

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Markéta Veselá**

Studijní program: N6202 Hospodářská politika a správa

Studijní obor: 6202T010 Finance

Specializace: 00 Finance

Téma: Zajištění měnového rizika ve vybraném podniku
Currency Risk Hedging in a Selected Company

Zásady pro vypracování:

1. Úvod
2. Objasnění metod hedgingu
3. Možné způsoby zajištění měnového rizika
4. Aplikace zvolených metod ve vybraném podniku
5. Závěr

Seznam použité literatury
Seznam zkratek
Prohlášení o využití výsledků diplomové práce
Seznam příloh
Přílohy

Seznam doporučené odborné literatury:

DUBOFSKY, David A. and Thomas W. MILLER. *Derivates. Valuation and Risk Management.* 1st ed. New York: Oxford Univestity Press, 2003. 646 s. ISBN 0-19-511470-1.
HULL, John C. *Options, Futures and Other Derivates.* 7th ed. New Jersey: Prentice Hall, 2009. 814 s. ISBN 13 978-0-13-5009994-9.
STULZ, Rene M. *Risk Management & Derivates*. 1st ed. Mason: Thomson, 2003. 676 s. ISBN 0-538-86101-0.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Tomáš Tichý, Ph.D.**

Datum zadání: 22.11.2013
Datum odevzdání: 25.04.2014

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ-TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
Ekonomická fakulta
1

Ing. Iveta Ratmanová, Ph.D.
vedoucí katedry

prof. Dr. Ing. Dana Dluhošová
děkanka fakulty

„Prohlašuji, že jsem celou práci, včetně všech příloh, vypracovala samostatně“.

V Ostravě dne 25. dubna 2014

Markéta Veselá

……………………..........

Markéta Veselá

Na tomto místě bych velmi ráda poděkovala vedoucímu mé diplomové práce doc. Ing. Tomáši Tichému, PhD. za odborné vedení, trpělivost a ochotu, kterou mi v průběhu zpracování diplomové práce věnoval a možnosti účastnit se projektu Studentské grantové soutěže (SGS), díky které jsem získala inspiraci pro mou diplomovou práci.

Obsah

1 Úvod

Veškeré ekonomické subjekty provádějící nějakou podnikatelskou činnost jsou vystaveny vlivu finančních rizik. Součástí finančních rizik je i měnové riziko, které souvisí s otevřeností ekonomiky. V dnešní době mnoho společností obchoduje se zahraničím, v důsledku čehož inkasuje své tržby v cizí měně či naopak své závazky v zahraniční měně platí. Z tohoto důvodu se mnoho českých, ale i zahraničních podniků obává budoucího vývoje měnového kurzu, neboť v posledních letech je pro měnové kurzy charakteristická značná volatilita. Proti nepříznivým pohybům měnového kurzu je možné využít hedging neboli zajištění. Hlavním cílem hedgingu je tedy eliminace rizika nepříznivého dopadu pohybů měnových kurzů na hospodářské výsledky společnosti s využitím finančních derivátů. Nejenže zajištění eliminuje případné ztráty, dochází i k přesnějšímu plánování a tím i k menším výkyvům v hospodářských výsledcích. To znamená i větší důvěru investorů a věřitelů. Trvalou otázkou risk managementu společnosti proto je, která strategie by měla být přijata za účelem řízení měnového rizika.

Cílem diplomové práce je navržení strategií vhodných pro zajištění měnového rizika ve vybraném podniku s využitím finančních derivátů.

Diplomová práce je kromě úvodu a závěru rozčleněna do tří stěžejních kapitol, přičemž druhá a třetí kapitola obsahuje teoretická východiska, která tvoří podklad pro čtvrtou kapitolu obsahující praktickou část práce.

Druhá kapitola je v úvodu orientována na charakteristiku a členění finančních rizik na úvěrové, tržní, likvidní, operační a obchodní. Pod tržní riziko spadá měnové riziko, které je klíčovým pojmem v této práci. Následně je objasněn význam hedgingu a jednotlivé hedgingové metody, které se mohou členit dle několika hledisek, a na to navazuje popis jednotlivých finančních derivátů, které jsou poté aplikovány v praktické části. Závěr je zaměřen na simulaci náhodného vývoje ceny finančních aktiv, přičemž pro potřeby této práce patří mezi nejdůležitější geometrický Brownův proces a Variance gama proces.

V rámci třetí kapitoly jsou vysvětleny pojmy měnové riziko, devizová pozice a měnová expozice. Následně jsou přiblíženy externí a interní metody hedgingu měnového rizika a důvody hedgingu. Druhá část kapitoly je věnována bližší charakteristice vybraných metod zajištění měnového rizika včetně pasivní strategie a částečného zajištění. Nedílnou součástí je ocenění měnových derivátu, konkrétně ocenění měnového forwardu, plain vanilla opce a short range forwardu.

Čtvrtá kapitola obsahuje poznatky z teoretické části uvedené do praxe, a to na konkrétním příkladě, kdy v úvodu kapitoly je stručně představena vybraná společnost APRI s.r.o. a stanoveny vstupní údaje. Následuje simulace měnového kurzu s využitím metody Monte Carlo, přičemž tento kurz se vyvíjí na základě geometrického Brownova procesu a poté dle Variance gama procesu, který je uveden pro srovnání. Z těchto simulací se vychází při následném uplatnění jednotlivých hedgingových strategií, přičemž nejdříve jsou vždy zvolené strategie oceněny, a to na bázi geometrického Brownova procesu, a poté je stanoven výsledný efekt z těchto strategií, ovšem už pro oba typy podkladových procesů. Na závěr je provedeno zhodnocení výsledných efektů aplikovaných hedgingových strategií dle různých kritérií.

Veškeré výpočty jsou provedeny v programu Mathematica 9 společnosti Wolfram Research.

2 Objasnění metod hedgingu

Nabídka speciálních typů aktiv – finančních derivátů – nefinančním subjektům je jednou ze zásadních rolí finančních institucí a respektive i finančních trhů jako celku. Všechny ekonomické subjekty, které provozují finanční aktivity, podstupují finanční riziko, které se neustále zvyšuje díky růstu volatility a globalizaci finančních trhů. Finanční riziko mohou společnosti eliminovat či alespoň snížit na optimální úroveň prostřednictvím finančních derivátů, které patří mezi základní nástroj hedgingu. Podniky se tak mohou plně soustředit na činnost, pro kterou byly založeny (výroba, poskytování služeb apod.). Dochází tedy k transferu finančního rizika na subjekty, které vznikly za účelem obchodování s ním a jeho následného řízení.

V této kapitole bude nejprve věnována pozornost finančním rizikům a jejich členění, následně bude objasněn smysl hedgingu a jednotlivé metody zajištění finančního rizika. Dále bude vymezen pojem finanční derivát a poté budou charakterizovány jednotlivé finanční deriváty, kterými jsou forwardy, futures, swapy a opce. Závěr kapitoly je zaměřen na objasnění modelování ceny finančních aktiv pomocí stochastických procesů, dle kterých se mohou vyvíjet.

2.1 Členění finančních rizik

Finanční riziko, které je obecně definováno jako potenciální finanční ztráta subjektu v budoucnosti vyplývající z daného finančního či komoditního nástroje nebo portfolia, je spojeno s veškerými finančními aktivitami na finančních trzích. Jako očekávaná ztráta se označuje již existující ztráta a neočekávaná ztráta jako potenciální. Dle Jílka (2009) lze členit finanční rizika do pěti kategorií.

Úvěrové riziko je riziko ztráty ze selhání protistrany, tzn., že dlužník nebude schopen dostát svých závazků podle sjednaných podmínek kontraktu, a tím způsobí držiteli pohledávky ztrátu. Tyto závazky mohou vzniknout z úvěrových aktivit, obchodních a investičních aktivit, z platebního styku nebo z vypořádání cenných papírů při obchodování na vlastní i cizí účet. Z finančních rizik je toto považováno za nejstarší a nejvýznamnější.

Tržní riziko je dle významu druhým nejvýznamnějším a představuje riziko ztráty, která vyplývá ze změn tržních cen jakožto změn hodnot finančních či komoditních nástrojů. K těmto změnám dochází v důsledku nepříznivých změn tržních podmínek, tj. nepříznivého vývoje úrokových měr, cen akcií, cen komodit či měnového kurzu. V souvislosti s tímto, existují čtyři základní kategorie tržního rizika a to úrokové, akciové, komoditní a měnové (devizové) riziko. Při zajišťování prostřednictvím derivátů se kromě toho lze setkat s korelačním rizikem a rizikem úvěrového rozpětí.

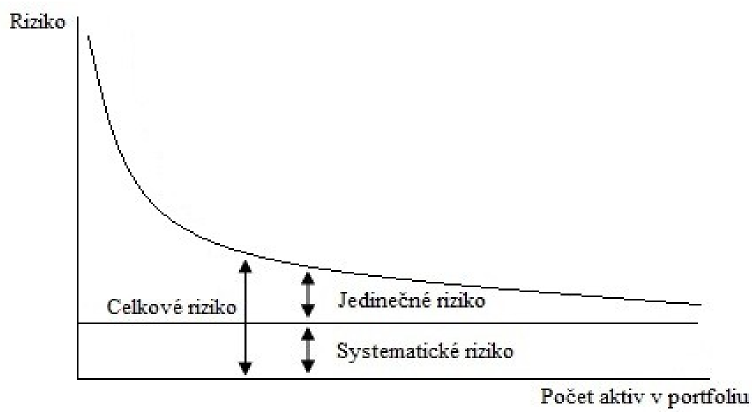
Likvidní riziko zahrnuje jednak riziko financování vyjadřující riziko ztráty v případě momentální platební neschopnosti a také riziko tržní likvidity. Rizikem tržní likvidity se rozumí riziko ztráty v případě malé likvidity trhu s finančními nástroji, bránící rychlé likvidaci pozic, čímž je omezen přístup k peněžním prostředkům.

U **operačního rizika** se rozlišují tři kategorie rizik a to transakční riziko a riziko operačního řízení a systémů. Transakční riziko hrozí subjektům z provádění operací v důsledku chybného provedení operací, chyb vyplývajících ze složitosti produktů a neschopnosti současných systémů je provádět a chyb v zaúčtování a vypořádání obchodů. Riziko operačního řízení je rizikem ztráty vyplývajícím z chyb v řízení aktivit (např. nedostatek kontroly při zpracování obchodů, podvodné operace vztahující se k obchodování a zpracování včetně chybného zaúčtování a padělání aj.). Riziko systémů je riziko ztráty, které je způsobeno chybami v systémech podpory, v počítačových programech, matematických vztazích modelů atd.

Posledním finančním rizikem, se kterým se mohou subjekty setkat, je **obchodní riziko**. Dělí se do sedmi kategorií, kterými jsou právní, reputační, daňové a regulační riziko, riziko měnové konvertibility, pohromy a změny úvěrového hodnocení.

Další členění finančního rizika je dle možnosti jeho eliminace na riziko **systematické** a **nesystematické** (viz Zmeškal 2004). Graficky jsou tyto rizika znázorněny v Obr. 2.1.

Obr. 2.1 Celkové, systematické a jedinečné riziko



Systematické neboli tržní riziko vyplývá z celkového ekonomického vývoje a postihuje všechny subjekty na trhu. Toto riziko nelze snížit diverzifikací, tj. zvyšováním počtu aktiv v portfoliu, ale k jeho eliminaci se využívá metod hedgingu (zajištění). Naproti tomu nesystematické (jedinečné, specifické) riziko lze odstranit diverzifikací a souvisí s jedním konkrétním aktivem.

2.2 Metody hedgingu

Finanční rizika jsou jednou ze základních charakteristik finančního rozhodování, z čehož plyne, že význam hedgingu (zajišťování) finančních rizik je nesporný. Tento fakt je navíc umocněn rostoucí mírou volatility, propojenosti, rychlosti, vzájemného ovlivňování, zpětnými vazbami a globalizačními tendencemi v ekonomice, jak uvádí Zmeškal (2004).

Smysl hedgingu spočívá v tom, že držené rizikové aktivum (nebo portfolio aktiv), jehož riziko je potřeba snížit, spojíme s novou skupinou aktiv, kterými jsou zpravidla deriváty. Tímto spojením vznikne nové tzv. hedgingové portfolio, které bude zajištěno proti pohybu rizikových faktorů. Cílem je najít takovou skladbu hedgingového portfolia, aby jeho riziko bylo nižší než riziko původního portfolia, tedy aby bylo co možná nejméně citlivé na změnu ceny jednotlivých složek portfolia.

Předpokládá se, že zajišťovatel drží Q stejných rizikových aktiv s jednotkovou cenou S_t v čase t, tato riziková aktiva chce zajistit zpravidla pomocí finančních derivátů s jednotkovou cenou $f_{t,T}$ v čase t na budoucí okamžik T a množstvím kontraktů h, přičemž počet derivátů na jeden kontrakt je N. Hodnota sestaveného hedgingového portfolia $\prod_t$ v čase t lze definovat jako:

$$\prod_t = Q \cdot S_t - h \cdot N \cdot f_{t,T}, \tag{2.1}$$

jehož přírůstek hodnoty má být co nejméně rizikový, tedy blížit se nule:

$$\Delta \prod = Q \cdot \Delta S - h \cdot N \cdot \Delta f. \tag{2.2}$$

Metody hedgingu lze charakterizovat a rozlišovat dle Zmeškala (2004) podle celé řady hledisek:

- **podle počtu revizí v čase:**
  - statický hedging – hedgingové portfolio je vytvořeno na jedno období a to se v čase nemění,

  - dynamický hedging – je vytvořeno hedgingové portfolio pro více období a dochází k jeho revizím;

- **podle frekvence revizí:**
  - diskrétní – k revizím hedgingového portfolia dochází v pevně stanovených intervalech,
  - spojité – revize hedgingového portfolia se provádějí v nekonečně malých intervalech;
- **podle hedgingových kritérií:**
  - faktorově neutrální (delta hedging, delta gama hedging, imunizace na bázi durace apod.),
  - minimální rozptyl (minimum variance),
  - minimalizace střední hodnoty ztráty (shortfall),
  - minimum value at risk,
  - maximalizace střední hodnoty funkce a užitku,
  - minimalizace rizikově upravené výnosnosti kapitálu (RAROC);
- **podle způsobu eliminace rizika:**
  - celkové riziko (tj. systematické i jedinečné riziko),
  - systematické riziko – odstranitelné hedgingem,
  - jedinečné riziko – odstranitelné diverzifikací;
- **podle typu zajišťovaného finančního aktiva:**
  - akcie,
  - obligace,
  - měny,
  - úroky,
  - komodity;
- **podle typu finančních rizik:**
  - tržní (akciové, komoditní, úrokové, měnové),

    - kreditní;
- **podle toho, zda je zajišťování prováděno vůči nějakému vzoru:**
    - benchmark,
    - hedging bez vzoru.

2.3 Finanční deriváty

Již ve starověku se využívaly k obchodování derivátové prvky, avšak první organizované trhy s deriváty se rozvíjely až v průběhu 17. století, kdy se v Holandsku začínalo obchodovat s opcemi na tulipány a v Japonsku vznikal trh s futures na rýži. S deriváty se tedy obchodovalo po celá staletí, ale donedávna byly tyto trhy malé a neměly ekonomický význam. K zásadnímu rozmachu trhů s deriváty dochází na počátku 70. let 20. století, kdy se změnily ekonomické podmínky. Došlo např. ke globalizaci finančních trhů, růstu mezinárodního obchodu, deregulaci některých odvětví, růstu volatility úrokových sazeb, což vedlo k růstu rizika pro všechny subjekty na finančních trzích a zvýšení poptávky po finančních produktech k řízení tohoto rizika. Dalším významným krokem, který vedl k nastartování prudkého rozvoje trhů s deriváty a který pokračuje až dodnes, byl vývoj vzorce v oblasti oceňování finančních derivátů, viz Stulz (2003).

Obecně jsou deriváty definovány jako finanční instrumenty, jejichž hodnota je „odvozena od“ nebo „závisí na“ ceně nějakého podkladového aktiva. Podkladovým aktivem mohou být jednak finanční aktiva (př. cena akcie, úroková sazba, burzovní index, cena komodity, měna nebo jiný derivát) nebo nefinanční aktiva (např. teplota, vlhkost, množství srážek aj.).

Jejich podstatou je určitá forma termínového obchodu, tzn., že dochází k určitému nesouladu mezi uzavřením obchodu a jeho plněním. Dochází-li k vypořádání kontraktu s finančním aktivem ve stejném čase, v jakém je kontrakt uzavřen, jedná se o spotový obchod na spotovém trhu.

Jak píše Hull (2009), derivátové trhy jsou mimořádně úspěšné. Hlavní důvod je ten, že přitahují mnoho různých typů obchodníků, což zajišťuje trhům potřebnou likviditu. Lze identifikovat vesměs tři hlavní motivy, kvůli kterým obchodníci vstupují na derivátové trhy, jsou jimi **zajištění**, **spekulace** a **arbitráž**. Zajišťovatelé používají deriváty ke snížení rizika z potenciálních budoucích nepříznivých pohybů cen finančních aktiv. Spekulanti se naopak snaží o dosažení zisku na základě pohybu cen finančních instrumentů. Podstatou arbitráže je využití cenových diferencí, přičemž rozdíly v cenách mohou být způsobeny z časového nebo teritoriálního hlediska.

Finanční deriváty je možné členit dle druhu do dvou základních skupin, tedy na termínové a opční kontrakty. Kontrakt jako termínový se označuje v případě, že jsou pevně sjednané podmínky na budoucí nákup nebo prodej určitého finančního instrumentu. Obě strany se nacházejí v tzv. těsné pozici, nemají tedy žádnou volbu a musí splnit předem stanovené podmínky. Mezi tyto kontrakty se řadí **forwardy**, **futures** a **swapy**, pro které je charakteristické symetrické rozdělení práv a povinností vyplývající z kontraktu mezi protistrany. To znamená, že kupující derivátu má povinnost koupit a prodejce derivátu povinnost prodat podkladové aktivum v daný budoucí okamžik za předem stanovenou cenu. Z důvodu tohoto symetrického vztahu jsou první tři jmenované deriváty označovány za lineární finanční deriváty.

Mezi opční kontrakty jsou řazeny **opce**, pro které je charakteristické to, že kupující derivátu je ve volné pozici a má možnost volby, zda opční právo využije či nikoliv. Naopak prodávající je v těsné pozici a má povinnost splnit požadavky kupujícího. U opčních kontraktů lze pozorovat nesymetrické rozdělení práv a povinností, reprezentují tak nelineární finanční deriváty.

Další členění finančních derivátů je podle druhů rizik (tržní a úvěrové) a kategorií tržního rizika. Rozlišují se kategorie derivátů, a to úrokové, měnové, akciové, komoditní, úvěrové a ostatní deriváty. Do kategorie ostatních derivátů se zařazují například povětrnostní deriváty (Jílek, 2010).

2.3.1 Základní parametry finančních derivátů

Dluhošová a kol. (2010) uvádí základní parametry finančních derivátů:

- **podkladové aktivum *S*** – finanční instrument, z jehož ceny je odvozena cena derivátu, je to náhodná veličina,
- **realizační cena *X*** – je cena podkladového aktiva, na které se dohodnou prodávající a kupující, že v době realizace za ni dojde ke koupi nebo prodeji,
- **doba splatnosti (doba realizace) *T*** – je konec období, na který je kontrakt uzavřen,

- **cena finančního derivátu *c*** – částka, kterou je nutné zaplatit při uzavření kontraktu. U opcí je to cena opce (rovněž opční prémie), kterou platíme za možnost volby v budoucnu, tedy za opční právo,
- **vnitřní hodnota *VH*** – nazývána též výplatní funkce udává velikost výplaty v moment využití derivátu, tedy efekt plynoucí kupujícímu resp. prodávajícímu při vypořádání kontraktu,
- **zisk (ztráta)** – je celkový efekt, který plyne kupujícímu resp. prodávajícímu v době realizace po zohlednění ceny derivátů.

2.3.2 Forwardy

Hull (2009) uvádí, že poměrně jednoduchý finanční derivát je forward. Je to smlouva o koupi nebo prodeji podkladového aktiva v daný okamžik za předem určenou realizační cenu (též dodací cenu). Jinými slovy, smlouva typu forward uzamkne dnešní cenu směny, ke které však dojde někdy v budoucnu. Dochází tak k eliminaci rizika plynoucího z volatility cen na spotovém trhu. Při využití forwardu nelze profitovat v případě příznivého vývoje tržních cen.

Forwardy jsou obchodovány mimoburzovně, tj. na OTC (Over the counter) trzích mezi dvěma finančními institucemi nebo mezi finanční institucí a podnikem. To umožňuje zakomponovat detailní požadavky účastníků transakce a implikuje často vysoké objemy obchodů. Jedná se tedy o nestandardizované kontrakty co do množství podkladového aktiva, doby realizace a realizační ceny. Nevýhodou je, že dochází k růstu kreditního rizika, tedy možnosti nedostání jedné ze stran kontraktu svým závazkům, viz Tichý (2006). Tím, že je tento finanční nástroj ušit na míru, je málo likvidní, a to se projevuje v tom, že není snadno obchodovatelný.

Subjekty, které se účastní kontraktu, se mohou nacházet v dlouhé (long) nebo krátké (short) pozici. V **dlouhé pozici** se nachází kupující (držitel) forwardu a zavazuje se koupit podkladové aktivum v době realizace za předem stanovenou cenu. Naproti tomu prodávající (výstavce) forwardu se nachází v **krátké pozici** a má povinnost prodat podkladové aktivum dle sjednaných podmínek kontraktu.

Obecně platí, že výplatní funkci pro dlouhou pozici v době zralosti lze vyjádřit jako:

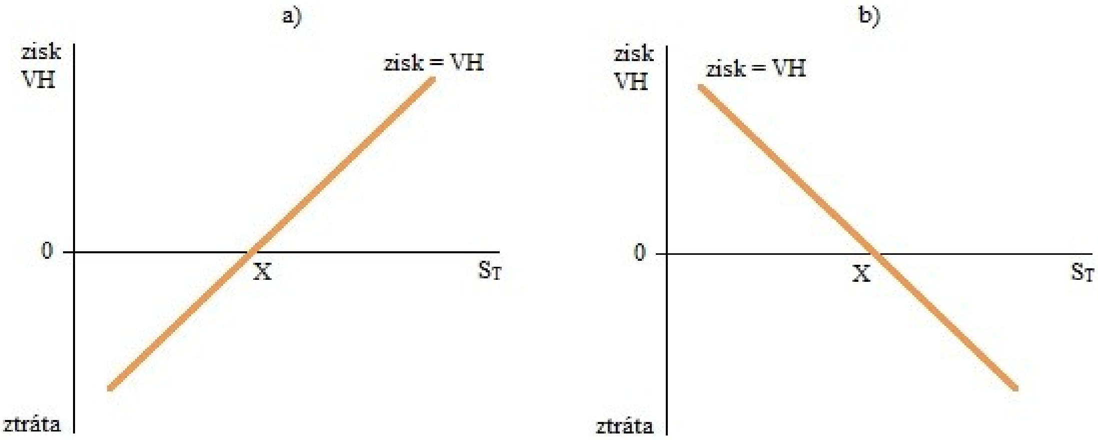
$$VH^{long} = S_T - X. \tag{2.3}$$

Obdobně pro krátkou pozici:

$$VH^{short} = X - S_T, \tag{2.4}$$

kde *VH* je vnitřní hodnota forwardu, *T* je doba zralosti, *X* je realizační cena a S_T je spotová cena podkladového aktiva v době zralosti.

Obr. 2.2 Výplatní funkce a zisk forwardu v dlouhé pozici a) a krátké pozici b)



Pro kupujícího nacházejícího se v dlouhé pozici platí, že pokud je spotová cena podkladového aktiva v době zralosti vyšší než předem stanovená realizační cena, přinese svému držiteli pozitivní peněžní tok. V případě že bude spotová cena nižší než realizační cena, forwardový kontrakt vynese držiteli negativní, tedy záporný peněžní tok. Opak platí pro výstavce kontraktu. Jedná se tedy o hru s nulovým součtem, což znamená, že množství peněz, které jedna strana získá, druhá strana prodělá.

V souvislosti s forwardovým kontraktem je nutné rozlišovat hodnotu (cenu) forwardu a forwardovou cenu. Hodnota forwardu je pro dlouhou pozici vyjádřena vztahem:

$$f_{t,T} = S_t - X \cdot e^{-r \cdot dt}, \tag{2.5}$$

a pro krátkou pozici je hodnota forwardu dána rovnicí:

$$f_{t,T} = X \cdot e^{-r \cdot dt} - S_{t,} \tag{2.6}$$

kde $f_{t,T}$ vyjadřuje hodnotu forwardového kontraktu uzavřeného v čase *t* se splatností *T*, *r* je bezriziková sazba, *dt* je doba do splatnosti, $e^{-r \cdot dt}$ je diskontní faktor a S_t je spotová cena.

Forwardová cena je taková úroveň realizační ceny, při níž je hodnota forwardového kontraktu nulová:

$$f_{0,T} = 0 \Leftrightarrow X = S_0 \cdot e^{r \cdot dt} \tag{2.7}$$

2.3.3 Futures

Stejně jako forward, futures představují pevnou dohodu mezi dvěma stranami, která jim dává povinnost koupit nebo prodat určité množství podkladového aktiva ke stanovenému termínu v budoucnosti za předem sjednanou cenu. Na rozdíl od forwardového kontraktu se futures obchodují na burze, nikoliv na OTC trzích. Největší burzy, kde se obchoduje s futures kontrakty, jsou Chicago Board of Trade a Chicago Mercantile Exchange.

Futures představují standardizovanou obdobu forwardu, přičemž standardizací se rozumí stanovení podmínek jako je kvalita a kvantita zboží, cena, datum a místo dodání apod. Tichý (2006, str. 20) píše, že „*k standardizaci dochází z důvodu dostupnosti a zvýšení atraktivnosti pro širší skupinu tržních subjektů. To vede k likvidnosti kontraktu a snadné obchodovatelnosti na veřejných trzích*“. Dalším rozdílem oproti forwardu je, že mnohem častěji dochází k hotovostnímu vypořádání, respektive k ukončení existence kontraktu před dobou zralosti.

Obchodník kupující futures zaujímá **dlouhou pozici** ve futures a naopak obchodník prodávající futures zaujímá **krátkou pozici** ve futures. Protože se obchodníci uzavírající opačné pozice navzájem neznají, existuje zde možnost vzniku rizika selhání. Ke snížení úvěrového rizika dochází prostřednictvím systému záloh a každodenního tržního přeceňování (marking-to-market) a vypořádání.

Na rozdíl od forwardů u futures tedy prakticky neexistuje úvěrové riziko. Hladké vypořádání kontraktů dohodnutých na derivátové burze garantuje clearingové centrum, jak uvádí Jílek (2002). Clearingové centrum zaujímá pozici prodávajícího pro všechny kupující a pozici kupujícího pro všechny prodávající, což znamená, že každý obchodník na trhu futures má závazky pouze vůči tomuto centru. Je nutno říci, že clearingové centrum však nezaujímá žádnou aktivní pozici na trhu, pouze se u každé transakce vsunuje mezi strany. Všechny zúčastněné subjekty futures musí složit u clearingového centra, které se tak jistí proti úvěrovému riziku, určitou zálohovou platbu nazvanou margin (marže).

Na konci každého obchodního dne až do doby splatnosti kontraktu clearingové centrum provádí denní přeceňování, tedy zjišťování aktuální hodnoty kontraktu dle uzavírací ceny. Dále dochází k faktickému vypořádání s využitím maržového účtu klienta – na jedné straně je na maržový účet připsán zisk nebo odepsána ztráta, druhé straně kontraktu pak ztráta nebo zisk. Do dalšího dne pak kontrakt vstupuje s nulovou počáteční hodnotou. Jestliže cena futures roste, subjekt v dlouhé pozici realizuje zisk a krátká pozice ztrátu. V případě, že cena kontraktu klesá, vydělá na tom subjekt v krátké pozici.

Na základě nabídky a poptávky po daném podkladovém aktivu je stanovena cena futures. Je utvářena zejména očekáváním o budoucí spotové ceně podkladového aktiva v době vypořádání kontraktu. Jedná se tedy o termínovou cenu podkladového aktiva k datu splatnosti daného futures kontraktu. Vztah pro výpočet ceny futures má následující tvar:

$$F_{t,T} = E_t(S_T), \tag{2.8}$$

kde je symbolem $F_{t,T}$ označena kótovaná budoucí cena futures v okamžiku sjednání kontraktu a $E_t(S_t)$ vyjadřuje očekávanou spotovou cenu v době splatnosti futures určenou v čase t.

Na základě uzavírací ceny je pro každý obchodní den určena aktuální hodnota futures

$$f_{t,T} = e^{-r \cdot dt} \cdot (F_{t,T} - F_{t-1,T}), \tag{2.9}$$

kde $f_{t,T}$ udává hodnotu futures pro daný obchodní den a $F_{t-1,T}$ je uzavírací cena kontraktu pro daný obchodní den. V následující Tab. 2.1 jsou shrnuty základní rozdíly mezi forwardy a futures.

Tab. 2.1 Srovnání forwardu a futures

Forward	Futures
Soukromý kontrakt mezi dvěma stranami	Obchodován na organizovaných burzách
Nestandardizovaný kontrakt	Standardizovaný kontrakt
Většinou jeden určený termín dodání	Více předem stanovených dodacích dnů
Vypořádání v době realizace kontraktu	Denní vypořádání
Dodání nebo finanční vypořádání	Smlouva je obvykle ukončena před dobou splatnosti
Vysoké kreditní riziko	Prakticky bez kreditního rizika

Zdroj: Hull (2009)

2.3.4 Swapy

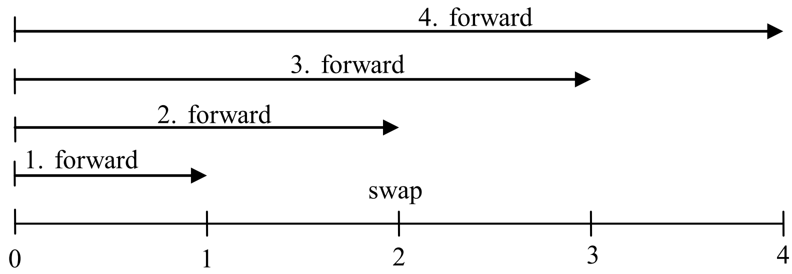
První smlouvy typu swap byly sjednány na začátku roku 1980. Od té doby swapový trh zaznamenal fenomenální nárůst. Nyní swapy zaujímají významné postavení na OTC trzích, kde se s nimi obchoduje, jak píše Hull (2009).

Swap je smluvní dohoda mezi dvěma stranami o výměně peněžních toků, která se ve stanoveném čase opakuje. Peněžní toky, které jsou vyměňovány, mohou být stanoveny na základě úrokových sazeb, směnných kurzů nebo cen indexů, jak konstatuje Dubofsky a Miller

(2003). Na swap lze také nahlížet jako na portfolio forwardů, které vznikají v jeden časový okamžik, avšak k vypořádání kontraktu dochází v různých časových okamžicích, viz Obr. 2.3.

Při využití swapu nedochází ke změně původních věřitelských, resp. dlužnických vztahů zúčastněných subjektů, ale subjekty swapové transakce zůstávají v plné míře zodpovědné za své původní závazky, které jsou předmětem swapu.

Obr. 2.3 Swap



Zdroj: Dubofsky a Miller (2003, str. 10)

2.3.5 Opce

Opce patří mezi opční kontrakty a jedná se o nelineární finanční derivát. Obchoduje se s nimi jak na OTC trzích tak i na burze. Kupující opce (držitel, vlastník) je ve volné pozici a má možnost volby, zda využije opční právo za předem stanovených podmínek či nikoliv. Za toto právo musí zaplatit prodávajícímu opční prémii. Přitom kupující se nachází v **long pozici**. Naopak prodávající opce (upisovatel) je v těsné neboli **short pozici** a má povinnost na základě rozhodnutí vlastníka opce sjednaný obchod splnit. Na základě toho, zda je s drženou opcí spojeno právo na koupi nebo prodej podkladového aktiva, se rozlišuje kupní resp. call opce a prodejní resp. put opce.

Call opce je smlouva, která dává vlastníkovi právo, ale nikoliv povinnost, koupit podkladové aktivum za předem stanovenou realizační cenu k předem dohodnutému datu. Upisovatel opce má povinnost dodat podkladové aktivum dle podmínek stanovených v kontraktu, v případě že majitel využije svého práva na realizaci opce.

Put opce představuje smlouvu, která dává držiteli opčního kontraktu právo, nikoliv povinnost, prodat podkladové aktivum za předem stanovenou realizační cenu k předem dohodnutému datu. Pokud majitel využije opce, upisovatel je povinen koupit podkladové aktivum a zaplatit za něho stanovenou cenu.

Opční prémie je cena, za kterou jsou opce obchodovány a tuto cenu tedy platí kupující opce prodávajícímu za zakoupení opčního práva. Opční prémie zároveň limituje maximální možný zisk pro prodávajícího opce a maximální výši ztráty pro kupujícího opce. Opční prémie se skládá ze dvou komponentů, vnitřní a časové hodnoty, viz Dvořák (1996).

Vnitřní hodnotu neboli také výplatní funkci lze definovat jako přínos z okamžitého uplatnění opce. Výše vnitřní hodnoty závisí na vztahu mezi spotovou a realizační cenou a podle vztahu těchto dvou cen se rozlišuje:

- opce mimo peníze (out-of-the-money, OTM, $VH < 0$),
- opce na penězích (at-the-money, ATM, $VH = 0$),
- a opce v penězích (in-the-money, ITM, $VH > 0$).

Vnitřní hodnoty call a put opce pro jednotlivé případy jsou znázorněny v Tab. 2.2.

Tab. 2.2 Vztah vnitřní hodnoty call a put opce

Opce	**Call opce**		**Put opce**	
Vztah S_t a X	VH	označení	VH	označení
$S_t > X$	$S_t - X$	ITM	0	OTM
$S_t = X$	0	ATM	0	ATM
$S_t < X$	0	OTM	$X - S_t$	ITM

Zdroj: Tichý (2006, str. 28)

Časová hodnota opce je charakterizována jako rozdíl mezi celkovou hodnotou opce a její vnitřní hodnotou. Čím delší je doba do zralosti, tím vyšší je časová hodnota opce.

Na cenu opce má vliv mnoho faktorů, které mohou působit pozitivně nebo negativně. Mezi nejdůležitější faktory se řadí například cena podkladového aktiva, realizační cena, doba do zralosti, volatilita (rizikovost), bezriziková sazba a dividendový výnos.

Členění opcí

Základní a nejjednodušší členění opcí je dle složitosti výplatní funkce. Rozlišují se **opce jednoduché** (plain vanilla) a **exotické**. Mezi plain vanilla opce se řadí již zmíněné call a put opce a jejich rozdíl spočívá v opčním právu, které má kupující. O rozdělení a charakteristice exotických opcí bude pojednáno dále v textu.

Dále Dvořák (1996) uvádí, že opce lze uplatnit buď pouze v jeden přesně určený okamžik splatnosti opce (v momentu realizace). V tomto případě se jedná o **evropskou opci**. Nebo opce může být využita kdykoliv během časové lhůty splatnosti opce, v tomto případě se hovoří o **americké opci**. Určitý mezičlánek mezi těmito dvěma opcemi je **bermudská opce**, která může být využita v určitých stanovených momentech nebo intervalech po dobu životnosti kontraktu.

Dle Dluhošové a kol. (2010) lze opce charakterizovat podle dalších hledisek, kterými jsou typ výplatní funkce, typ podkladového aktiva, počet podkladových rizikových aktiv, typ náhodného procesu a variantnost volby.

Výplatní funkce lze rozlišovat na funkce s pamětí neboli Path Dependent, které jsou popsány dále, a na funkce s limitně omezenou výplatou, mezi které lze zařadit cap opce (horní limit), floor opce (spodní limit) a binární (digitální opce).

Z hlediska počtu podkladových rizikových aktiv (faktorů) lze rozlišovat jednofaktorové, dvoufaktorové a vícefaktorové opce. Typickým reprezentantem dvoufaktorových opcí jsou spread opce, u kterých se vyskytují dvě podkladová aktiva, přitom se může jednat buď o jedno aktivum s různou dobou realizace, nebo různá podkladová aktiva se stejnou dobou realizace. Výplata u vícefaktorových opcí je závislá na portfoliu aktiv a řadí se zde rainbow a basket opce.

Dělení opcí **podle typu podkladového aktiva** je na měnové, úrokové, akciové, komoditní a úvěrové opce. V případě, že podkladovým aktivem je nefinanční veličina jedná se o wether deriváty, reálné opce.

Členění **dle typů náhodných podkladových procesů** je následující: Wienerův proces, aritmetický a geometrický Brownův proces, mean-reverting proces, jump difussion proces, Itoův proces, Lévyho procesy a hybridní proces jako kombinace předchozích.

Podle variantnosti volby lze rozlišit opce s volbou mezi dvěma variantami, kde patří call a put opce. Rozšířením jsou opce s volbou mezi větším počtem variant, zde patří chooser (výběrová) opce nebo exchange (výměnná) opce. Posledním typem jsou switch (přepínací) opce s možností výběru z více variant.

Základní pozice v opčním obchodě

Dva typy plain vanilla opcí poskytují ekonomickým subjektům **čtyři základní opční pozice**, mezi které patří dlouhá pozice v kupní opci (long call), krátká pozice v kupní opci (short call), dlouhá pozice v prodejní opci (long put) a krátká pozice v prodejní opci (short put). Jednotlivé pozice se liší tvarem výplatní a ziskové funkce. V následujícím textu bude stručně charakterizováno postavení subjektu v dané pozici pro evropské opce, přičemž se vychází z publikací Dluhošová a kol. (2010) a Dvořák (1996).

Long call pozici zaujímá držitel kupní opce a vyplývá z ní právo na nákup podkladového aktiva za danou realizační cenu. Pozice poskytuje majiteli teoreticky neomezený ziskový potenciál, neboť s růstem ceny podkladového aktiva roste její výhodnost, jak ukazuje Obr. 2.4 (a). Naopak ztráta je omezená, její maximální výše je dána zaplacenou opční prémií, kterou musí kupující zaplatit upisovateli opce.

Výplatní funkci pro dlouhou pozici v kupní opci lze vypočítat jako:

$$VH = \max(S_T - X; 0), \tag{2.10}$$

kde VH značí vnitřní hodnotu opce, S_T udává spotovou cenu a X realizační cenu.

Zisková funkce je vyjádřena následovně:

$$zisk = \max(S_T - X - c; -c), \tag{2.11}$$

kde c je opční prémie u call opce.

Další opční pozice **short call** představuje zrcadlovou pozici k long call. Subjektu v této pozici, tedy prodávajícímu opčního práva, plyne povinnost na požádání majitele opce prodat podkladové aktivum za realizační cenu. Za tuto povinnost vyplývající z prodeje opce inkasuje prodávající opční prémii, která vymezuje jeho maximálně dosažitelný zisk. Naopak jeho potencionální ztráta je teoreticky neomezená, viz Obr. 2.4 b).

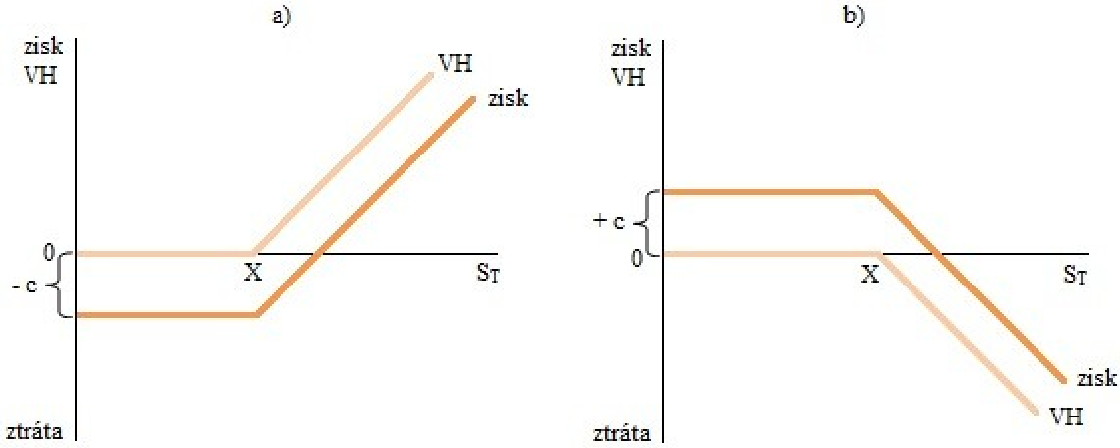
Vnitřní hodnota krátké pozice v kupní opci je následující:

$$VH = \min(X - S_T; 0), \tag{2.12}$$

a zisková funkce má tvar:

$$zisk = \min(X - S_T + c; +c). \tag{2.13}$$

Obr. 2.4 Výplatní funkce a zisk long call opce a) a short call opce b)



V pozici **long put** se nachází majitel prodejní opce, kterému plyne právo prodat podkladové aktivum za danou realizační cenu. Za právo volby musí zaplatit opční prémii, která ohraničuje maximální dosažitelnou ztrátu, jak je zobrazeno v Obr. 2.5 a). Výhodnost pro kupujícího opce roste v případě poklesu ceny podkladového aktiva. Ziskový potenciál je omezen možností poklesu ceny podkladového aktiva na nulovou hodnotu.

Vnitřní hodnota pro dlouhou pozici v prodejní opci je definována jako:

$$VH = \max(X - S_T; 0), \tag{2.14}$$

a zisková funkce je:

$$zisk = \max(X - S_T - p; -p), \tag{2.15}$$

kde p je výše opční prémie u put opce.

Pozice **short put** tvoří inverzní pozici k long put. Subjekt v pozici short put prodal opci, a proto má povinnost odkoupit podkladové aktivum za realizační cenu v případě, že majitel opce toto právo využije. Prodávající opce může realizovat zisk maximálně ve výši opční prémie, která mu bude zaplacena majitelem put opce za právo volby. Naopak potenciální ztráta upisovatele je takřka neomezená, resp. přesněji je limitována tím, že cena podkladového aktiva může klesnout maximálně na nulovou hodnotu, viz Obr. 2.5 b).

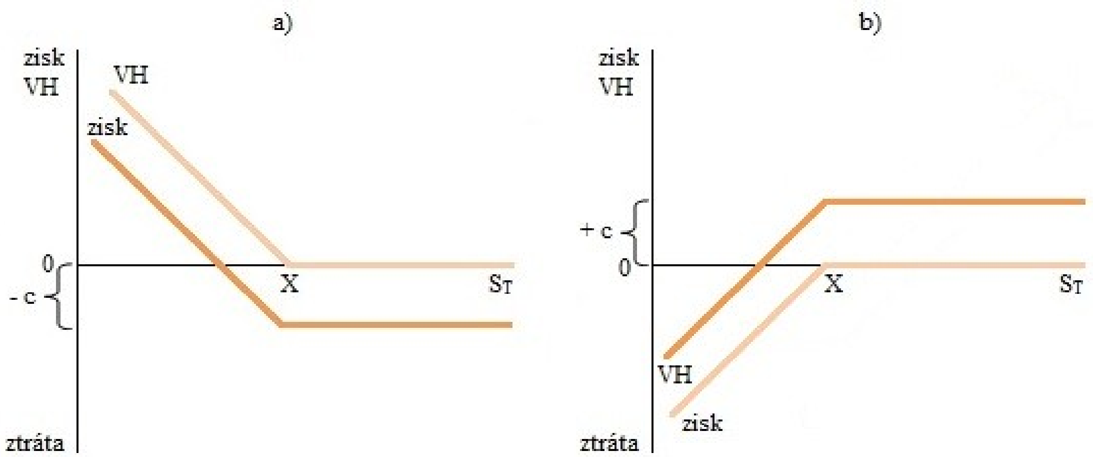
Výplatní funkce pro krátkou pozici v put opci lze vypočítat dle vzorce:

$$VH = \min(S_T - X; 0), \tag{2.16}$$

a zisk je definován jako:

$$zisk = \min(S_T - X + p; +p), \tag{2.17}$$

Obr. 2.5 Výplatní funkce a zisk long put opce a) a short put opce b)



Všechny uvedené opční pozice patří mezi hry s nulovým součtem, tedy zisk kupujícího je ztráta prodávajícího a naopak.

Exotické opce

Ačkoli plain valilla opce jsou nejvíce využívány, existují i deriváty s komplikovanější výplatní funkcí a označují se jako opce exotické. S většinou z nich se obchoduje na OTC trzích, jelikož jsou tvořeny především k uspokojení konkrétních potřeb korporací či jiných zájemců a umožňují zakomponovat přesná očekávání (či obavy) ohledně budoucího vývoje. Se základním členěním exotických opcí se postupuje v souladu s Tichým (2006).

Package (balík) je portfolio obsahující standardní evropské call a put opce, forwardové kontrakty, hotovost (bezrizikové aktivum) a podkladové aktivum (rizikové aktivum) a je často sestavováno při nulových počátečních nákladech. Mezi balíky se řadí *collar*, jež je investice do hotovosti a standardní call opce s omezením na horní potenciální výplatu, a *break forward*, na který lze nahlížet jako na standardní forward avšak s omezenou potenciální ztrátou z dlouhé pozice. Dále se zde řadí *range forward* neboli collar s nulovou prémií, a kombinační opční pozice, označované jako *spread*, *strangles*, *straddles*, *strip*, *strap*. Jedná se o vzájemnou kombinaci dvou či více základních opčních pozic.

Multistage opce jsou charakteristické vícestupňovým rozhodováním a spadají zde například opce výběrové, složené a s odloženou splatností. Jako konkrétní příklady lze uvést *compound option*, což je složená opce se speciálním podkladovým aktivem a *forward start option* neboli opce s odloženou splatností.

Digitální opce jsou si velice blízké s opcemi bariérovými. Jejich výplata je obdržena v případě, že spotová cena podkladového aktiva dosáhne realizační ceny. Výplata je potom buď vše anebo nic. Nejjednodušším příkladem digitální opce je *cash-or-nothing* a *asset-or-nothing*. Složitějším příkladem je *gap opce*.

Do skupiny **path dependent options** se řadí několik typů opcí, u nichž výplata v případě uplatnění závisí nejen na úrovni ceny podkladového aktiva, ale i na cestě, kterou cena tohoto aktiva sledovala po dobu životnosti. Konkrétním příkladem jsou *bariérové opce*, u kterých výplata závisí na skutečnosti, zda cena podkladového aktiva dosáhne v průběhu životnosti opce stanovené bariéry, a *lookback opce*, u nichž je výplata závislá na nejpříznivější úrovni spotové ceny podkladového aktiva dosažené v průběhu životnosti opce.

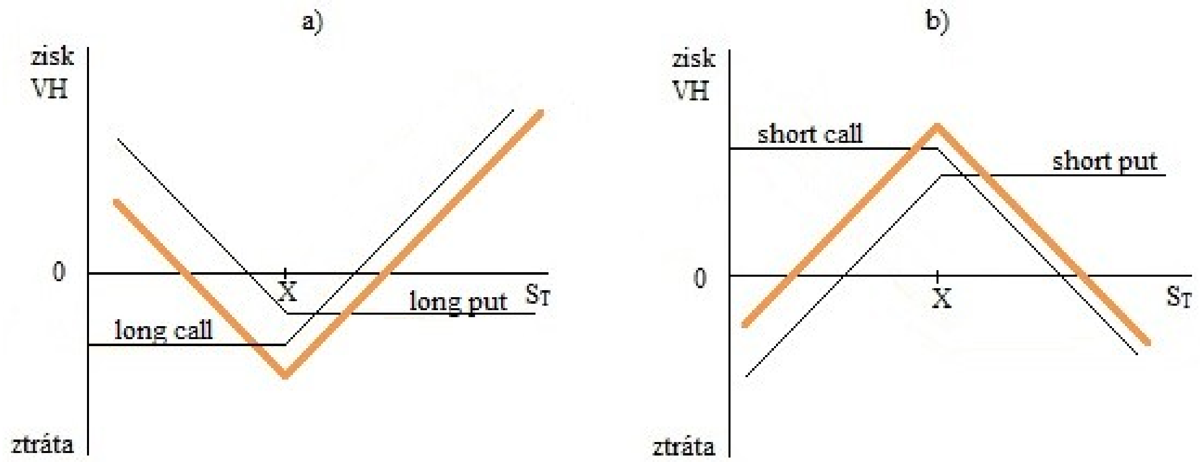
Posledním typem jsou *asijské opce*, jejichž výplata je odvozena od průměrné ceny po dobu životnosti.

Opční strategie

Zmíněné čtyři opční pozice lze vzájemně kombinovat a vytvářet tak celou řadu různých opčních strategií, které jsou realizovány různými nákupy a prodeji call a put opcí. Nejznámější kombinace jsou syntetické opce, straddles, strangles a spready. Pro potřeby této práce budou popsány a poté aplikovány v praktické části pouze strategie straddle a její variace strip a strap a strategie strangle. Dále bude představena a použita strategie range forward. Teoretická východiska těchto opčních strategií lze nalézt v publikacích Ambrož (2002), Blaha a Jindřichovská (1997) a Dvořák (1996).

Strategie **straddle** je kombinací koupě, resp. projede call a put opce, přičemž obě opce mají stejné parametry, tedy dobu realizace, realizační cenu i podkladové aktivum. Grafická podoba této opční strategie je zobrazena na Obr. 2.6.

Obr. 2.6 Zisk long straddle a) a short straddle b)



Strategie **long straddle** se skládá z pozic long call a long put a je zisková, pokud zisk z využité opce převýší opční prémie na zakoupení obou dílčích opcí. Ziskový potenciál je neomezený, naproti tomu maximální ztráta je rovna výši zaplacených opčních prémií. Této ztráty dosáhne kupující v případě, že aktuální cena podkladového aktiva se rovná realizační ceně (využití obou opcí přináší nulový zisk).

Kombinací pozic short call a short put vzniká strategie **short straddle**, která je zrcadlovou pozicí k long straddle. Maximální zisk je tedy ohraničen velikostí inkasovaných opčních prémií a prodávající ho dosáhne v situaci, kdy se realizační cena rovná aktuální ceně. Ztrátový potenciál je naopak neomezený, ztráta roste s růstem aktuální ceny.

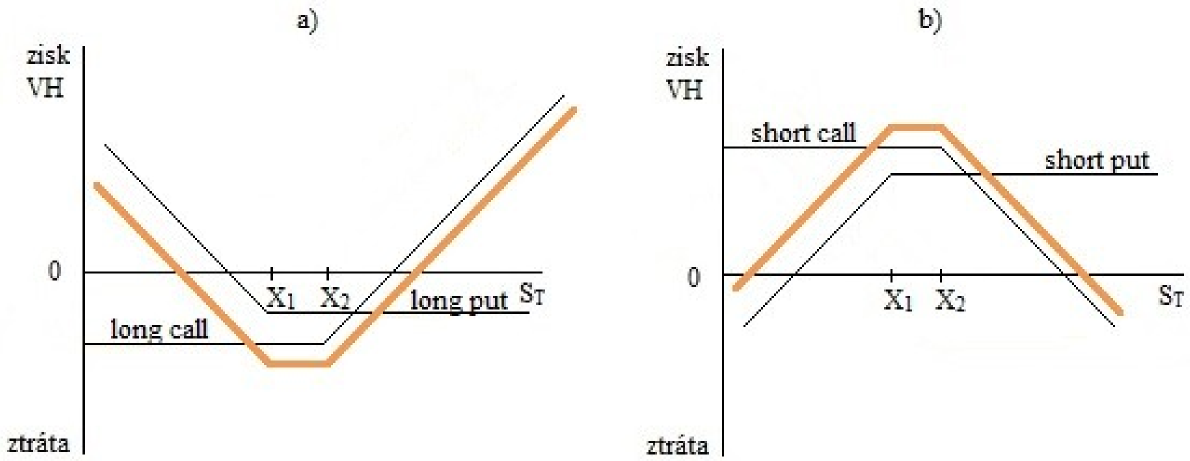
Variaci na strategii straddle představují operace nazývané **strip** nebo **strap**. Strategie jsou kombinací nákupu, resp. prodeje call i put opce se stejnými realizačními cenami, ale počet nakoupených call opcí se liší od počtu nakoupených put opcí.

Při využití strategie **long strap**, kdy je nakoupeno více call opcí oproti put opcím, lze profitovat při růstu ceny a méně těžit při poklesu ceny. Naopak **long strip** představuje strategii, u které je nakoupeno více put opcí a méně call opcí a je možné více profitovat při poklesu ceny a méně při růstu ceny podkladového aktiva.

Opakem dvou uvedených strategií je **short strap**, kdy dochází k prodeji většího počtu call opcí a menšího počtu put opcí, a **short strip** strategie, která je založena na prodeji většího počtu put opcí a menšího počtu call opcí. Při těchto strategiích lze profitovat při stagnaci ceny v okolí realizační ceny.

Kombinace, která se podobá výše popsané strategii straddle, se nazývá **strangle**, viz Obr. 2.7. Strategie strangle se od kombinace straddle liší tím, že realizační ceny opčních pozic nejsou totožné, avšak termín splatnosti je u obou opcí stejný.

Obr. 2.7 Zisk long strangle a) a short strangle b)



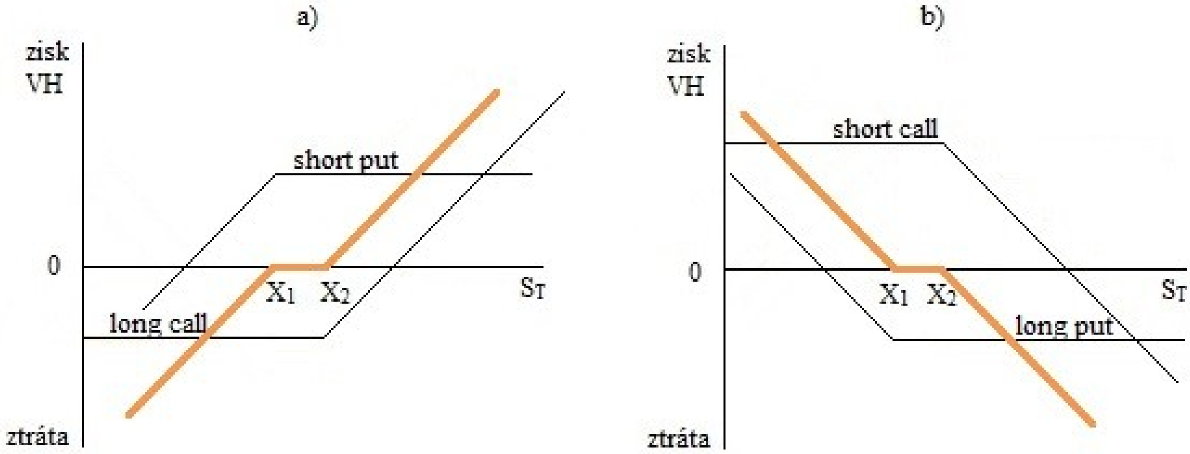
Strategie **long strangle** vzniká kombinací nakoupených call i put opcí se shodným termínem splatnosti, ale rozdílnou realizační cenou. Maximální ztráty dosahuje majitel pozice, pokud se aktuální cena nachází mezi oběma realizačními cenami. Její výše je dána výši zaplacených opčních prémií. Pozice je zisková, pokud aktuální cena podkladového aktiva výrazně posílí nad vyšší realizační cenu X_2 nebo výrazně oslabí pod nižší realizační cenu X_1, přičemž standardně call opce má větší realizační hodnotu než put opce.

Short strangle je inverzní strategií k long strangle a skládá se z kombinace short call a short put. Prodávající dosahuje maximálního zisku tehdy, pokud aktuální cena leží mezi oběma realizačními cenami, tedy X_1 a X_2. Jeho ziskový potenciál je omezen inkasovanými opčními prémiemi a ztráta je neomezená.

Range forward také označovaný jako collar s nulovou prémií, flexible forward nebo cylindres option je konstruován z opačných pozic call a put opce, přičemž doba realizace je stejná, ale realizační cena call opce je vyšší než realizační cena put opce. Range forward je nastaven tak, že cena put opce se rovná ceně call opce. To znamená, že hodnota kontraktu při jeho iniciaci je nulová, stejně jako u standardního forwardového kontraktu.

Range forward má dvě variace a to **long range forward** a **short range forward**, viz Obr. 2.8. První uvedený typ, tedy long range forward je kombinace dlouhé pozice v call opci a krátké v put opci. Short range forward vzniká uzavřením krátké pozice v call opci a dlouhé v put opci.

Obr. 2.8 Zisk long range forwardu a) a short range forwardu b)



Výplatní funkce pro range forward je definována takto:

$$VH^{RF} = \max[\min(S_T, X_1), X_2] - F_{0,T}, \tag{2.18}$$

kde S_T představuje cenu podkladového aktiva v době realizace, X_1 je realizační cena put opce, X_2 značí realizační cenu call opce a $F_{0,T}$ je forwardová cena.

V závislosti na vývoji podkladového aktiva je v době zralosti možné rozlišit několik stavů. V případě short range forwardu nastávají tyto situace (viz Hull, 2009):

- jestliže je cena podkladového aktiva menší než realizační cena put opce, pak je tato opce uplatněna a subjekt prodá podkladové aktivum za cenu X_1,

- pokud se cena podkladového aktiva pohybuje v rozmezí mezi realizačními cenami X_1 a X_2, ani jedna opce nebude využita a subjekt prodá podkladové aktivum za aktuální cenu na promptním trhu,
- je-li cena podkladového aktiva vyšší než realizační cena call opce, opce je uplatněna vůči subjektu, který má povinnost prodat podkladové aktivum za realizační cenu X_2.

U long range forwardu je situace opačná.

2.4 Simulace náhodného vývoje

V případě, že budoucí vývoj finančního aktiva lze s jistotou popsat, hodnota tohoto aktiva, které se označuje jako bezrizikové, sleduje **deterministický proces**. Pro ostatní finanční veličiny je charakteristický náhodný vývoj v čase a tento průběh bývá označován jako **stochastický proces**. Tento proces se vyvíjí dle vhodného pravděpodobnostního rozdělení.

Stochastický proces aktiva se skládá ze dvou složek. První složku představuje **trend**, což je nenáhodná veličina (deterministická složka), a druhou je **reziduum** neboli náhodná odchylka (stochastická složka). Obecně lze náhodný proces definovat pomocí stochastické diferenciální rovnice následovně:

$$dx = trend + reziduum, \tag{2.19}$$

kde dx značí změnu náhodné veličiny. Kombinacemi různých trendů a reziduí s různým pravděpodobnostním rozdělením $F()$ vznikají konkrétní procesy. Teoretické poznatky stochastických procesů jsou čerpány z publikací Hull (2009), Tichý (2006 a 2010) a Zmeškal, Dluhošová a Tichý (2013).

V zásadě lze rozlišit dva typy stochastických procesů, a to dle vztahu ke změně v čase. U **diskrétního** stochastického procesu dochází ke změně ceny aktiva pouze v daných časových okamžicích, v diskrétním čase, kde $t = \{0,1,2,3,...\}$. **Spojitý** stochastický proces pracuje s nekonečně malými změnami času ve spojitém čase, který náleží $t \in \langle 0, \infty)$.

Základem naprosté většiny stochastických procesů, popisujících náhodný vývoj ceny aktiva, je riziková složka. Modelování této složky se u diskrétních stochastických procesů provádí pomocí Poissonova procesu, zatímco u spojitých stochastických procesů pomocí Wienerova procesu.

2.4.1 Poissonův proces

K modelování náhodné složky aktiv, jejichž ceny se mění skokově, se využívá Poissonův proces. Ten vychází z Poissonova rozložení pravděpodobnosti $Poisson\ (\lambda)$ se střední hodnotou λ a rozptylem λ. Parametr λ zároveň určuje intenzitu skoků. Pro Poissonův proces je typický nulový počátek a v čase nezávislé a stacionární přírůstky, dále je čistě skokový s hodnotou skoku vždy jedna. Vyjádření tohoto procesu je následující:

$$P(j) = \exp(-\lambda) \cdot \frac{\lambda^j}{j!}. \tag{2.20}$$

2.4.2 Wienerův proces

Wienerův proces, někdy označovaný jako specifický, je základním prvkem ostatních spojitých procesů. Tento proces je charakteristický tím, že neobsahuje trendovou složku, tzn., že vyjadřuje pouze náhodnou složku, která pochází z normovaného normálního rozdělení $N(0,1)$.

Wienerův proces je založen na procesu Markovova typu, pro který platí, že predikované ceny jsou ovlivněny pouze aktuální cenou a ne cenami historickými. Tento proces vychází z nuly, má stacionární přírůstky, střední hodnota a rozptyl vycházejí z normovaného normálního rozložení a změny cen jsou v čase nezávislé.

Wienerův proces v přírůstkové verzi je definován následovně:

$$\tilde{z}_t - z_0 = dz = \tilde{z} \cdot \sqrt{dt}, \tag{2.21}$$

kde dz je přírůstek veličiny, $\tilde{z}$ je náhodná veličina, dt je nekonečně malá změna času. Z toho lze dedukovat, že střední hodnota je nulová, $E(dz) = 0$, rozptyl odpovídá změně času, $\mathrm{var}(dz) = dt$ a z toho směrodatná odchylka je její odmocnina, $\sigma(dz) = \sqrt{dt}$.

V případě že je uvažován vývoj ceny finanční veličiny v čase za několik intervalů k o shodné délce dt, pak Wienerův proces má tvar:

$$\tilde{z}_T - z_0 = \sum_{i=1}^{k} \tilde{z} \cdot \sqrt{dt}, \tag{2.22}$$

kde $k = \frac{T}{dt}$. Z toho opět plyne, že charakteristiky mají takovou podobu:

$$E(\tilde{z}_T) = 0, \quad \mathrm{var}(\tilde{z}_T) = T, \ \sigma(\tilde{z}_T) = \sqrt{T}.$$

2.4.3 Itôův proces

Itôův proces je jedním z obecných typů stochastických procesů a zahrnuje jako zvláštní případy Wienerovy a Brownovy procesy. Pro proměnnou x je definována následující stochastická diferenciální rovnice:

$$dx = a(x;t) \cdot dt + b(x;t) \cdot dz, \tag{2.23}$$

kde $a(.)$ označuje přírůstek a $b(.)$ směrodatnou odchylku změny proměnné. Tyto parametry závisí na veličině x i čase t. První část rovnice $a(x;t) \cdot dt$ představuje trendovou složku a druhá část $b(x;t) \cdot dz$ je náhodná reziduální odchylka.

Obdobou Taylorova rozvoje, který je definován pro nestochastické funkce, je Itôova lemma. Itôova lemma je vymezena pro funkce, jejichž proměnnými jsou stochastické procesy a čas, $G = f(x,t)$ a má tvar:

$$dG = \left[\left(\frac{\partial G}{\partial x} \cdot a(.) \right) + \frac{\partial G}{\partial t} + \frac{1}{2} \cdot \frac{\partial^2 G}{\partial x^2} \cdot b^2(.) \right] \cdot dt + \frac{\partial G}{\partial x} \cdot b(.) \cdot dz. \tag{2.24}$$

Funkce $G = f(x,t)$ je Itôovým procesem s přírůstkem $\frac{\partial G}{\partial x} \cdot a(.) + \frac{1}{2} \cdot \frac{\partial^2 G}{\partial x^2} \cdot b^2(.) + \frac{\partial G}{\partial t}$ a rozptylem $\left(\frac{\partial G}{\partial x} \right)^2 \cdot b(.)$.

2.4.4 Brownovy procesy

Brownův pohyb se již skládá z trendové i náhodné složky, přičemž náhodná složka je popsána zmíněným specifickým Wienerovým procesem. Je možno rozlišit aritmetický Brownův proces a geometrický Brownův proces.

Aritmetický Brownův proces bývá někdy označován jako zobecněný Wienerův proces a řadí se mezi zvláštní případ Itôova procesu, u něhož jsou parametry konstantní a nezávislé na ostatních proměnných. U tohoto procesu se cena aktiva vyvíjí lineárním trendem, tzn., že veličiny mohou být záporné. Ve financích k takovému jevu ale často nedochází. V malém časovém intervalu je přírůstek hodnoty x vyjádřen pomocí rovnice:

$$dx = \alpha \cdot dt + \sigma \cdot dz, \tag{2.25}$$

a změna proměnné x má normální rozdělení se střední hodnotou $E(dx) = \alpha \cdot dt,$ rozptylem $\mathrm{var}(dx) = \sigma^2 \cdot dt$ a směrodatnou odchylkou $\sigma(dx) = \sigma \cdot \sqrt{dt}.$

Vývoj ceny náhodné veličiny dle aritmetického Brownova pohybu s lineárním trendem je dán předpisem:

$$x_T = \alpha \cdot T + \sigma \cdot \tilde{z} \cdot \sqrt{T}, \tag{2.26}$$

ze kterého lze odvodit střední hodnotu, rozptyl a směrodatnou odchylku:

$$E(x_T) = x_0 + \alpha \cdot T, \;\; \mathrm{var}(x_T) = x_0 + \sigma^2 \cdot T \;\; \sigma(x_T) = x_0 + \sigma \cdot \sqrt{T}.$$

Dalším stochastickým procesem, u něhož se však cena vyvíjí exponenciálním trendem, je geometrický Brownův proces. Má velké uplatnění zejména ve finančním modelování, které je obvykle omezeno nutností vykazovat pouze pozitivní hodnoty. Je tedy vhodný pro vyjádření ceny aktiva (vyvíjí se dle něj např. akcie, akciové indexy nebo měny) a vychází z této stochastické diferenciální rovnice (SDE):

$$dx = \alpha \cdot x \cdot dt + \sigma \cdot x \cdot dz, \tag{2.27}$$

kde α značí průměrný výnos za období jednoho roku a σ představuje směrodatnou odchylku opět za rok.

Geometrický Brownův proces lze vyjádřit dvěma formulacemi a to diskrétní a spojitou. Diskrétní řešení se označuje také jako Eulerova transformace a parametry pro přírůstek diskrétních cen jsou určeny takto:

$$E\left(\frac{dx}{x}\right) = \alpha \cdot dt, \;\; \mathrm{var}\left(\frac{dx}{x}\right) = \sigma^2 \cdot dt, \;\; \sigma\left(\frac{dx}{x}\right) = \sigma \cdot \sqrt{dt}.$$

Spojitá verze nazývána jako geometrický Brownův proces s logaritmickými cenami se využívá zejména při analytickém oceňování opcí. Předpokladem tohoto procesu je, že se náhodná veličina vyvíjí dle (2.27) a s pomocí Itôovy lemmy pro funkci $G = \ln x$ platí:

$$dG = d \ln x = \alpha \cdot dt + \sigma \cdot dz, \tag{2.28}$$

kde konstantní spojitý výnos má tvar $\alpha = \mu - \frac{\sigma^2}{2}$, přičemž $\mu = \ln \frac{x_T}{x}$, a konstantní rozptyl je vyjádřen σ^2. Nyní lze stanovit střední hodnotu, rozptyl a směrodatnou odchylku takto:

$$E(d \ln x_T) = (\mu - \frac{\sigma^2}{2}) \cdot T, \ \ \mathrm{var}(d \ln x_T) = \sigma^2 \cdot T \ \ \sigma(d \ln x_T) = \sigma \cdot \sqrt{T}.$$

Řešením je pak rovnice pro náhodný vývoj ceny vyjádřený pro jeden krok o délce *dt*:

$$x_{t+dt} = x_t \cdot \exp(\alpha \cdot dt + \sigma \cdot dz). \tag{2.29}$$

Pro jakýkoliv časový úsek pak platí:

$$x_T = x_0 \cdot \exp(\alpha \cdot T + \sigma \cdot \widetilde{z}), \tag{2.30}$$

přičemž střední hodnotu, rozptyl a směrodatnou odchylku lze zapsat jako:

$$E(x_T) = x_0 \cdot \exp(\alpha \cdot T), \ \mathrm{var}(x_T) = x_0^2 \cdot \exp(2 \cdot \alpha \cdot T) \cdot \left[\exp(\sigma^2 \cdot T) - 1\right],$$

$$\sigma(x_T) = x_0 \cdot \sqrt{\exp(2 \cdot \alpha \cdot T) \cdot \left[\exp(\sigma^2 \cdot T) - 1\right]}.$$

2.4.5 Lévyho modely

Zohlednění jak reálné (či v případě oceňování rizikově neutrální) nesymetričnosti (šikmost), tak těžkých konců (špičatost) umožňuje aplikace Lévyho modelů řízených na bázi subordinátoru. Do skupiny těchto modelů patří takové procesy, jejichž přírůstky jsou nezávislé a stacionární a obecně jsou typické tzv. stochastickou spojitostí v čase. Uvedené vlastnosti představují zobecnění vlastností pro Wienerův i Poissonův proces, z čehož plyne, že tyto dva procesy jakožto i jejich odvozeniny jsou základními prvky Lévyho modelů.

Obecně lze rozložit tyto modely na část s difúzní složkou a část se skoky, přičemž obě části nemusí být v procesu obsaženy. Bez difúzní složky se lze obejít v případě, kdy čistě skokové procesy mají nekonečnou intenzitu skoků. Jako čistě skokový proces se zde uvádí gama proces, jenž je relativně blízkým typem Poissonova procesu. Gama proces je založen na gama rozložení, $G(a;b)$, rovněž má počátek v nule a má stacionární nezávislé přírůstky avšak nekonečně vysokou intenzitu skoků.

V praxi se v naprosté většině používají exponenciální Lévyho modely. Je to dáno tím, že při modelování ceny finančních aktiv je požadavek na pozitivní ceny. Dynamika ceny aktiva $x(t)$ je určena pomocí Lévyho procesu $X(t)$ v exponentu a deterministického přírůstku μ:

$$x(t) = x \cdot \exp\left(\mu \cdot t + X(t)\right). \tag{2.31}$$

Mnoho Lévyho modelů lze definovat jako (geometrický) Brownův pohyb, který je řízen určitým vnitřním procesem neboli subordinátorem. Lévyho model, který je řízen gama procesem z gama rozdělení, se nazývá Variance gama model (VG model). Na základě inverzního Gaussova procesu na bázi inverzního Gaussova rozdělení pravděpodobnosti je formulován další typ modelu a to Normal inverse Gaussian model (NIG model).

VG model

Posledním modelem, kterým bude ukončen výčet jednotlivých procesů na výpočet náhodného vývoje cen finančních aktiv, je Variance gama model. Tento model patří mezi nejčastěji aplikovaný víceparametrický model Lévyho typu.

Pravděpodobnostní funkce hustoty gama procesu z gama rozdělení $G(a,b)$, kde parametry a a b lze provázat na střední hodnotu μ a rozptyl v takto:

$$a = \frac{\mu^2}{v}, b = \frac{v}{\mu}, \tag{2.32}$$

přičemž $\mu = 1$, je dána tímto předpisem:

$$g(t) = \frac{g^{\frac{t}{v}-1} \cdot e^{(-\frac{g}{v})}}{v^{\frac{t}{v}} \cdot \Gamma(\frac{t}{v})}. \tag{2.33}$$

VG proces $VG(g(t;v);\theta,\vartheta)$ může být definován jako:

$$VG = \theta \cdot g_t + \vartheta \cdot \sqrt{g_t} \cdot \varepsilon, \tag{2.34}$$

kde Γ je gama funkce, θ určuje šikmost, ϑ značí volatilitu, v je rozptyl gama procesu umožňující řídit špičatost, ε je náhodný prvek z $N(0,1)$ a g je náhodný prvek z $G\left(\frac{1}{v}, v\right)$.

Jestliže vložíme VG proces dle (2.34) do Lévyho modelu v exponenciální formě (2.31), je získána dynamika ceny finančního aktiva:

$$x_t^{(P)} = x_0 \cdot \exp(\mu \cdot t + \theta \cdot g_t + \vartheta \cdot \sqrt{g_t} \cdot \varepsilon - \omega \cdot t), \tag{2.35}$$

kde ω je korekční parametr a je vyjádřen vztahem:

$$\omega = -\frac{1}{v} \ln \cdot (1 - \theta \cdot v - \frac{1}{2} \cdot \vartheta^2 \cdot v). \tag{2.36}$$

Rovnice (2.35) charakterizuje vývoj ceny ve skutečném světě, na základě statisticky zjištěných pravděpodobností *P*. V případě rizikově neutrálního oceňování je vztah upraven takto:

$$x_t^{(Q)} = x_0 \cdot \exp(r \cdot t + \theta \cdot g_t + \vartheta \cdot \sqrt{g_t} \cdot \varepsilon - \omega \cdot t), \tag{2.37}$$

kde Q popisuje množinu rizikově neutrálních pravděpodobností a parametr ω zajišťuje, že $E^{(Q)}[x_t] = x_0 \cdot e^{(r \cdot t)}$. Určení jednotlivých momentů pravděpodobnostního rozdělení VG modelu je popsáno v Tab. 2.3. Pro srovnání jsou uvedeny i parametry geometrického Brownova procesu (GB proces).

Tab. 2.3 Porovnání základní momentů pro GB a VG proces

Model	GB	VG
Parametr	$Z(t;\mu;\sigma)$	$VG(g(t;v);\theta,\vartheta)$
Střední hodnota	μ	θ
Rozptyl	σ	$\vartheta^2 + v \cdot \theta^2$
Šikmost	0	$\dfrac{\theta \cdot v \cdot (3 \cdot \vartheta^2 + v \cdot \theta^2)}{(\vartheta^2 + v \cdot \theta^2)^{\frac{2}{3}}}$
Špičatost	3	$3(1 + 2v - \dfrac{v \cdot \vartheta^4}{(\vartheta^2 + v \cdot \theta^2)^2})$

Zdroj: Tichý (2010, str. 73)

Jak lze vyčíst z Tab. 2.3 VG proces bere v potaz i vyšší momenty pravděpodobnostního rozdělení (šikmost a špičatost) na rozdíl od GB procesu, pomocí kterého se modelují jen prvních dva momenty (střední hodnota a rozptyl), což nemusí být dostatečné pro vyjádření rizika.

3 Možné způsoby zajištění měnového rizika

V úvodu třetí kapitoly bude věnována pozornost pojmům, jako jsou měnové riziko, devizová pozice a měnová expozice. Následně budou vymezeny základní přístupy ke snížení měnové expozice a zajištění měnového rizika a přiblíženy jednotlivé důvody proč využívat hedging k zajišťování měnového rizika. V neposlední řadě budou blíže specifikovány vybrané metody zajištění měnového rizika včetně strategie pasivního a částečného zajištění, a dále bude popsán postup ocenění jednotlivých derivátů.

3.1 Měnové riziko

Měnové neboli devizové riziko vzniká změnou kurzu jedné měny vůči jiné měně. Pokud ekonomické subjekty provádí obchodní operace napříč hranicí měnových oblastí, vystavují se měnovému riziku.

Exportující a importující firmy vstupují na devizový trh ze dvou důvodů. Prvním důvodem je směna jedné měny do měny druhé, přičemž exportéři prodávají na devizovém trhu devizy při konverzi svých devizových inkas do domácí měny. Naopak importéři nakupují devizy z důvodu úhrady svých závazku do zahraničí. Vzhledem k tomu, že exportéři ani importéři nejsou schopni předem přesně stanovit své budoucí cash flow v domácí měně, druhým důvodem pro vstup je zajištění proti riziku z pohybu měnových kurzů. Importéři se obávají znehodnocení domácí měny a exportéři se obávají zhodnocení domácí měny. K řízení měnového rizika jsou k dispozici finanční deriváty, ale existují i jiné metody, které budou popsány dále.

S měnovým rizikem souvisí pojmy, jako jsou devizová pozice a měnová expozice, které budou vysvětleny v následujícím textu. Teoretická východiska jsou převzaty z publikace Durčáková a Mandel (2010).

3.1.1 Devizové pozice

Identifikaci měnového rizika podniku lze získat prostřednictvím analýzy její devizové pozice. Pokud jde o vývoj devizové pozice, mají jednotlivé subjekty rozdílné preference, poněvadž mají rozdílnou motivaci ke vstupu na devizový trh. **Devizová pozice** charakterizuje kvantitativní a kvalitativní vztah devizových aktiv a pasiv. Pro posouzení devizové pozice je nezbytné vzít v úvahu nejen hledisko měnové a kvantitativní, ale i časovou disponibilitu a úrokovou strukturu devizových aktiv a pasiv firem. Dle možnosti vzniku měnového rizika lze rozlišit otevřenou a uzavřenou devizovou pozici.

O **uzavřenou devizovou pozici** se jedná v případě, kdy se pohledávky a závazky podniku v jednotlivých měnách shodují a to nejen co do kvantity aktiv a pasiv v příslušné měně, ale i co do jejich splatnosti a způsobu úročení. Z tohoto důvodu není podnik vystaven rizikům vyplývajícím z pohybu devizových kurzů na devizovém trhu. Tuto nespekulativní uzavřenou pozici preferují výrobní podniky.

V případě, že výsledek po vzájemném zápočtu pohledávek a závazků firmy v cizí měně není k danému časovému okamžiku nulový, subjekt se nachází v **otevřené devizové pozici** a z toho plyne, že podstupuje měnové riziko. S touto pozicí jsou spojeny především spekulující subjekty. Otevřenou devizovou pozici lze rozlišit na dlouhou a krátkou. Devizová pozice je **dlouhá**, pokud k dané době splatnosti pohledávky v příslušné zahraniční měně převyšují závazky v této měně. **Krátká** devizová pozice vzniká, pokud k určitému časovému okamžiku jsou závazky v dané zahraniční měně vyšší než pohledávky v této měně.

3.1.2 Měnová expozice

Potom co v květnu roku 1997 přešla česká koruna na floating, význam řízení měnové expozice a měnového rizika výrazně vzrostl. V současné době mnoho firem přistupuje aktivním způsobem k řízení měnových rizik ve snaze stabilizovat vývoj zisku firmy v čase. Pokud se firmy rozhodnout řídit devizové riziko, je nutné, aby věděly, které položky a v jakém objemu jsou vystaveny tomuto riziku. Jinými slovy aby znaly hodnotu, která podléhá devizovému riziku, což vyjadřuje tzv. měnová neboli devizová expozice. Účelem této činnosti není zvýšit střední hodnotu míry zisku v dlouhém období, ale snížit volatilitu míry zisku v čase.

Měnová expozice měří citlivost změn hodnot aktiv, pasiv a peněžních toků vyjádřených v domácí měně vzhledem k nepředvídaným pohybům měnového kurzu. Vyjadřuje tedy jakou mírou je společnost ovlivňována změnami kurzu. Lze ji specifikovat několika způsoby. Měnová expozice se může vztahovat jak k nominálním, tak i k reálným hodnotám, tj. k těm, které jsou očištěny od vlivu inflace a váže se jak na stavové, tak i na tokové veličiny, její vliv lze tedy zachytit v rozvaze na straně aktiv a pasiv a zároveň i ve výkazu cash flow. Devizovou expozici lze analyzovat na brutto základě, tzn., odděleně pro jednotlivá aktiva a pasiva, resp. příjmové a výdajové toky nebo na netto základě, tj. pro rozdíl aktiv a pasiv, či pro výsledná salda příjmů a výdajů v příslušných měnách. Lze ji měřit jako citlivost hodnot vyjádřených v domácí měně jak na skutečné, tak i na očekávané a neočekávané změny měnových kurzů.

Zpravidla jsou rozlišovány tři typy měnové expozice, transakční měnová expozice, ekonomická měnová expozice a účetní (translační) měnová expozice.

Transakční měnová expozice vyjadřuje citlivost budoucích devizových inkas a devizových úhrad (tj. devizových transakcí) vyjádřených v domácí měně na minulé, současné a budoucí změny devizového kurzu. Konečná ztráta nebo zisk je určena až v budoucnosti, a to při vypořádání a převodu transakcí uzavřených v cizí měně do měny domácí. Jedná se tedy o již uzavřené kontrakty denominované v cizí měně, ale k vypořádání dojde až v budoucnu. V případě firem se jedná o devizové transakce spojené s nákupem a prodejem zboží v zahraničí. Hlavní význam výpočtu transakční expozice spočívá v kvantifikaci částky v cizí měně, kterou je potřeba zajistit. Tato částka přitom může být větší nebo menší, než je počáteční výše devizových aktiv či pasiv.

Transakční expozice úzce souvisí s již dříve definovanou devizovou pozicí. Zatímco devizová pozice znázorňuje stavový bilanční pohled kvantifikovaný v cizí měně, transakční expozice analyzuje hodnotu budoucích devizových příjmů a výdajů v domácí měně. Vzájemný vztah mezi těmito dvěma přístupy je dán tím, že budoucí devizové toky vyplývají z bilančního stavu devizových aktiv a pasiv v současnosti.

Ekonomická měnová expozice měří citlivost budoucích peněžních toků na budoucí změny měnového kurzu. Pro vztah transakční a ekonomické expozice platí, že transakční měnová pozice je částí ekonomické měnové pozice, ta je však rozšířena o dva další případy. Celkové peněžní toky tedy v sobě navíc zahrnují peněžní toky z domácího trhu, které jsou citlivé na změny měnového kurzu, neboť úroveň kurzu ovlivňuje přístupnost domácího trhu pro zahraniční konkurenci, a příjmy ze zahraničí, které jsou fakturovány a realizovány v domácí měně exportéra.

Účetní neboli **translační měnová expozice** vyjadřuje citlivost konsolidovaných finančních výkazů společností na minulé účetně zaznamenané pohyby měnového kurzu. Jinými slovy, kdy se domácí hodnota aktiv, pasiv nebo příjmů či výdajů denominovaných v zahraničních měnách mění v důsledku účetně evidovaných změn devizových kurzů. Může tedy souviset jak s konsolidovanou účetní rozvahou, tak i konsolidovanou výsledovkou mezinárodní společnosti. Transakční expozice tedy popisuje, jak historická účetní data vyjadřující minulý hospodářský vývoj firmy byla ovlivněna minulou účetně zaznamenanou změnou kurzu.

3.2 Externí a interní metody hedgingu

V případě, že se podnik rozhodne snížit svou měnovou expozici a zajistit měnové riziko, může si vybrat v zásadě ze dvou základních přístupů. Rozeznávají se externí a interní metody řízení měnové expozice a měnového rizika. **Externí metody hedgingu** jsou spojeny s využitím nástrojů finančních trhů, konkrétně s využitím různých finančních derivátů, o kterých budou pojednávat následující kapitoly. Naproti tomu **interní metody hedgingu** jsou součástí finančního řízení podniku a nevyžadují dodatečné uzavírání specifických kontraktů na finančním trhu.

Účelem interních metod je minimalizace devizové expozice, popřípadě omezení jejího dalšího zvyšování. Existuje několik nejobvyklejších technik, mezi které lze zařadit netting, matching, leading a lagging, měnová diverzifikace, cenová politika a volba měny fakturace. Pro objasnění jednotlivých technik se vychází z knižní publikace Durčáková a Mandel (2010).

Netting je technika, která je založena na vzájemném započtení pohledávek a závazků v různých měnách vzniklých zpravidla u dceřiných společností v rámci koncernu. V důsledku vzájemných zápočtů se devizová expozice sníží na výsledné saldo vzájemného započtení.

Matching se velmi podobá nettingu, ale při vzájemném zúčtování příjmů a výdajů v zahraniční měně je možno využít i třetí stranu a dále je vyžadováno zapojení zápočtového či vyrovnávacího centra. Inkasa v zahraniční měně jsou tedy použity k platbám ve stejné měně, což snižuje měnovou expozici a zůstává jen výsledné saldo, které je potřeba zajistit pomocí nástrojů finančních trhů.

Leading a **lagging** představují techniky řízení devizové expozice, při kterých jsou platby a inkasa v zahraniční měně přizpůsobovány s ohledem na očekávaný vývoj devizového kurzu. Pokud firma očekává depreciaci domácí měny, snaží se o úhradu svých závazků v zahraniční měně ještě před jejich splatností, tedy dříve, než dojde ke znehodnocení domácí měny. Tato strategie se nazývá leading. Opačnou strategii, která je označována jako lagging, společnost využije v případě, že očekává zhodnocení domácí měny. Snahou firmy je potom zpozdit úhrady do zahraničí, jelikož v důsledku apreciace domácí měny pro ni bude nákup deviz levnější.

Měnová diverzifikace je interní metodou, jež je založena na zjištění korelačních koeficientů mezi jednotlivými měnami. Pokud si chce firma udržet stabilní hodnotu svých devizových závazků nebo pohledávek v domácí měně, musí držet devizové závazky nebo pohledávky v měnách, které jsou k domácí měně opačně korelovány.

Další metodou k řízení měnové expozice je **cenová politika**, při níž dochází k navyšování nebo snižování cen v závislosti na očekávaném nebo skutečném vývoji devizového kurzu. Aby firma mohla využívat této strategie, je vhodné do obchodní smlouvy zařadit tzv. měnovou doložku, kterou je stanoveno, jak se zahraniční cena zboží změní v souvislosti se změnou spotového kurzu v období mezi uzavřením kontraktu a okamžikem provedení skutečné platby.

Firmy si obvykle mohou volit **fakturační měnu** a je logické, že preferují vyúčtování ve své domácí měně nebo v zahraniční měně, která je stabilní ve vztahu k měně domácí. Tím se firmy vyhnou vzniku měnové expozice.

3.3 Důvody hedgingu

Důvody pro a proti hedgingu souvisí zejména s postoji subjektů k riziku, každý z nich preferuje určitou úroveň rizika. Ať už se jedná o akcionáře, management společnosti, nebo zaměstnance, zákazníky, dodavatele apod., dává smysl, že pokud by byli všichni zúčastnění v podniku averzní vůči riziku, kroky podniknuté ke snížení rizika by byly žádoucí pro všechny. Díky zajištění dojde k poklesu volatility firemních zisků, což má za následek nižší náklady kapitálu, větší poptávku po firemních akciích a růst tržní hodnoty firmy. Na druhé straně, někteří investoři mohou preferovat nezajištění a to z důvodu, že chtějí zachytit všechny zisky, pokud by se kupříkladu ceny komodit, úrokových sazeb nebo cen měn změnily v očekávaném směru.

V následujícím textu budou stručně vysvětleny důvody, které by podniky měly pečlivě zvážit, předtím než se rozhodou zabývat řízením finančních rizik. Je také důležité vypracovat plán řízení rizik, který je potřebný pro činnost tzv. risk managementu. Pokud se má pomocí řízení rizik zvýšit hodnota firmy, důležitým předpokladem je existence nedokonalých trhů. Jednotlivé důvody zajištění jsou ve shodě s publikací Dubofsky a Miller (2003).

Jako první důvod lze uvést, že **hedgign snižuje očekávané náklady finanční tísně**. Hodnota firmy se rovná současné hodnotě budoucích očekávaných peněžních toků, přičemž v každém časovém okamžiku v budoucnosti existuje určitá pravděpodobnost, že skutečné příjmy budou nižší než očekávané a společnost nebude schopna splácet své smluvní závazky. Pokud tato situace nastane a dojde k selhání podniku, mohou mu vzniknout přímé náklady bankrotu, mezi které patří právní a účetní výdaje. Navíc mohou firmě vzniknout dodatečné náklady, které nese ještě před skutečným bankrotem. Tyto jsou nazývány jako náklady finanční tísně.

Kromě právních a účetních výdajů existují i jiné náklady vyplývající ze špatné finanční situace podniku, kterým může být podnik vystaven. Zákazníci chtějí životaschopný podnik, ale pokud se domnívají, že podnik nemůže v budoucnu přežít, nebudou ochotni nakupovat jeho výrobky. Obchodníci nemusí být ochotní prodávat na obchodní úvěr a místo toho mohou požadovat zaplacení dodávky předem a v plné výši. Zaměstnanci budou požadovat vyplacení prémie, ještě než se dohodnou, že budou pracovat pro firmu ve finanční tísni. Firemní management bude rozptylován nepříznivou situací podniku a bude svůj čas vynakládat méně produktivní činnosti, neboť se bude zabývat úkoly, které vznikly v důsledku zhoršující se finanční situace. Firma přijde o investiční příležitosti, jestliže jí bude odepřen přístup ke kapitálu potřebnému k jejich financování.

Vhodná opatření v oblasti řízení rizik vedou ke snížení volatility firemních peněžních toků, čímž dochází ke snížení pravděpodobnosti vzniku finančních obtíží, a proto se sníží i očekávané náklady finanční tísně.

Dalším důvodem, proč hedging v podniku provádět, je **zvýšení pravděpodobnosti uskutečnění atraktivních investic v budoucnosti**. Tento pohled, který ospravedlňuje činnosti risk managementu, je založen na tvrzení, že interně generované finanční prostředky jsou levnější než jakýkoli zdroj cizího kapitálu. Pokud budou peněžní toky v budoucnu neočekávaně nízké, může být podniku odepřen přístup na kapitálové trhy, čímž se pro něho cizí zdroje stanou nedostupnými, a z toho důvodu se mu nepodaří realizovat nové investice. Snížením volatility budoucích peněžních toků aktivitami risk managementu klesá pravděpodobnost, že podnik bude muset využívat náklady na cizí kapitál. To znamená, že se zvyšuje pravděpodobnost, že firma bude mít vždy dostatek vlastních zdrojů vytvořených uvnitř firmy na financování nových investic.

Argumentem pro zajištění může být, že **hedging je méně nákladný pro firmy než pro individuální investory**. Obchodní provize a požadovaný kolaterál na zajištění prostřednictvím finančních derivátů bude pro firmy pravděpodobně nižší než pro jednotlivé investory. Mnoho těchto investorů nemá přístup k některým nástrojům sloužícím k zajištění (např. swapy) na rozdíl od velkých korporací. Navíc individuální investoři nejsou dostatečně sofistikovaní a neví, jak zajištění správně provádět.

Jako další důvod lze zmínit, že podniky **mohou mít lepší informace než jednotliví investoři**. Je velice nepravděpodobné, že by podniky, státní orgány, finanční instituce nebo jednotlivci mohli předvídat budoucí úrokové sazby nebo měnové kurzy. Avšak když jde o cenu produktu, některé firmy mohou mít lepší informace než jednotlivci. Tuto informační převahu mohou podniky využít ve svůj prospěch a řídit tak efektivněji rizika vyplývající z pohybů těchto cen.

Jak bylo napsáno výše, pomocí vhodných opatření risk managementu dojde ke snížení rozptylu budoucích peněžních toků, což věřitelé mohou vnímat jako určitou garanci ohledně budoucího vývoje a jsou pak ochotni poskytnout firmě vyšší úvěr nebo snížit úrokovou sazbu. Z toho plyne, že **hedging může zvýšit dluhovou kapacitu firmy**. Navíc zvýšená dluhová kapacita firmy zvýší současnou hodnotu úrokového daňového štítu a tím dojde ke snížení daní a následně k růstu hodnoty firmy.

3.4 Částečné zajištění a nezajištění

V případě **částečného zajištění** se jedná o takovou situaci, kdy se risk management podniku rozhodne zajistit jen část své devizové pozice pomocí finančního derivátu a zbylá část pozice zůstane nezajištěna. Část negativního rizika je ponechána nekryta a je zcela vystavena působení rizika volatility devizového kurzu. Metoda částečného hedgingu zamezuje dopadu nepříznivého vývoje kurzu, avšak umožňuje profitovat z vývoje příznivého.

Nezajištění neboli pasivní strategie nepatří mezi postupy pro zajištění rizika, je to vlastně dokonalý protiklad. Tato strategie ale slouží pro srovnání s ostatními aplikovanými metodami hedgingu. Podnik v této situaci neprovádí žádné úkony, kterými by se snažil částečně snížit nebo úplně eliminovat měnové riziko a tím se zcela vystavuje riziku volatility měnového kurzu.

Podnik ponechává svou devizovou pozici nekrytou a konečné peněžní toky vychází z devizového kurzu platného na spotovém trhu v daný obchodní den. Jestliže dojde k nepříznivému vývoji měnového kurzu, podnik utrpí ztrátu, naopak v případě příznivého vývoje podnik profituje.

3.5 Oceňování finančních derivátů

Pro správné ocenění finančních derivátů, které je předpokladem úspěšného zajištění, lze aplikovat tři základní principy, viz Tichý (2006). Jedná se o **princip nemožnosti arbitráže**, **rovnovážný přístup** a **rizikově neutrální princip**. Modely pro stanovení hodnoty aktiv jsou založeny na několika obecných předpokladech. Prvním předpokladem je existence dokonalého trhu, což je trh, kde jsou nulové transakční náklady, nulové daně a nulové požadavky na marže, aktiva jsou nekonečně dělitelná aj. Mezi další předpoklady se řadí nenasycenost tržních subjektů (preferují více před méně), kteří jsou pouze příjemci cen a jejich chování je racionální. Je-li některý z těchto předpokladů porušen, může mít výsledná cena podobu intervalu.

Vzhledem k tomu, že většina metod oceňování finančních derivátů je založena na principu nemožnosti arbitráže, je potřeba tento princip více popsat. Postupuje se v souladu s Tichým (2006).

Princip nemožnosti arbitráže

Oceňovací přístup vycházející z principu nemožnosti arbitráže je charakteristický tím, že pro některá aktiva existuje za určitých podmínek pouze jediná cena, která znemožňuje arbitráž, tedy dosažení vyššího než bezrizikového výnosu při nulovém riziku. Tento princip je uplatňován především u finančních derivátů, jejichž hodnota lze odvodit na základě znalostí o ceně podkladového aktiva.

Východiskem pro aplikaci principu nemožnosti arbitráže je nalezení takové struktury portfolia, aby bylo bezrizikové, přičemž výsledné portfolio je kombinací finančního derivátu a určitého množství primárních aktiv. Při spojitém úročení, pokud bude *r* bezriziková sazba, má hodnota portfolia, které dosahuje bezrizikového výnosu, následující tvar:

$$\Pi_T = \Pi_t \cdot e^{r \cdot dt}, \tag{3.1}$$

kde Π_T značí hodnotu portfolia v čase *T*, Π_t je hodnota portfolia v době ocenění a $e^{r \cdot dt}$ je spojitý úročitel, ve kterém *r* představuje bezrizikovou sazbu a $dt = T - t$.

V případě, že by došlo k porušení vztahu (3.1), tedy $\Pi_T > \Pi_t \cdot e^{r \cdot dt}$, znamená to, že výnos portfolia Π je za daný časový úsek *dt* vyšší než bezrizikový výnos, což přiláká pozornost arbitrážistů. Ti si poté vypůjčí maximální obnos za bezrizikovou sazbu *r* a investují tuto částku do bezrizikového portfolia a na trhu tak vznikne převis poptávky nad nabídkou.

Silný tlak na zvýšení ceny portfolia Π_t v konečném důsledku vede ke srovnání, tedy $\Pi_T > \Pi_t \cdot e^{r \cdot dt}$ a výnos portfolia bude opět bezrizikový.

Obdobný efekt by nastal v situaci, kdy $\Pi_T < \Pi_t \cdot e^{r \cdot dt}$. Hodnota portfolia má nižší než bezrizikový výnos, což zapříčiní růst objemu krátkých prodejů a investování výtěžku za bezrizikovou sazbu. Dochází ke vzniku převisu nabídky nad poptávkou, který vyvolá tlak na pokles ceny portfolia a to následně vede k opětovnému navrácení do stavu rovnováhy.

3.5.1 Ocenění měnového forwardu

Měnový forward je finanční derivát umožňující výměnu pevné částky hotovosti v jedné měně za pevnou částku hotovosti v jiné měně za předem sjednaný kurz k určitému datu v budoucnosti. Měnový kurz dohodnutý při sjednání kontraktu se označuje jako forwardový měnový kurz. Měnový forward lze využít k zajištění měnového rizika plynoucího z pohledávek a závazků v cizí měně. Uzavřením tohoto kontraktu dojde k zafixování měnového kurzu na určité úrovni, což má pro subjekt pozitivní dopad v případě nepříznivé změny. Pokud však dojde k příznivému vývoji měnového kurzu, subjekt nemůže profitovat z této změny. Z toho plyne, že se jedná o hru s nulovým součtem. Jeden subjekt na tomto kontraktu vydělá, zatímco druhý prodělá, neboť aktuální spotový kurz se bude s největší pravděpodobností lišit od pevně stanoveného forwardového měnového kurzu.

Ocenění měnového forwardu se odvíjí od měnového kurzu na spotovém trhu v čase uzavření kontraktu a úrokového diferenciálu neboli rozdílu úroků pro domácí a zahraniční měnu. Postup pro stanovení hodnoty měnového forwardu pro krátkou pozici je znázorněn v Tab. 3.1.

Tab. 3.1 Ocenění měnového forwardu v krátké pozici

Aktivita (t)	Výdaje (t)		Příjmy (T)	
	EUR	CZK	EUR	CZK
Prodej cizí měny nakrátko	$Q \cdot e^{-r_f}$	$S_t \cdot Q \cdot e^{-r_f}$	Q	$S_T \cdot Q$
Zápůjčka	$-Q \cdot e^{-r_f}$	$-S_t \cdot Q \cdot e^{-r_f}$	$-Q \cdot e^{(r_d - r_f) \cdot dt}$	$-S_t \cdot Q \cdot e^{(r_d - r_f) \cdot dt}$
Krátká pozice forwardu		$f_{t,T} \cdot Q$		$VH = (X - S_T) \cdot Q$
Celkem		$\Pi_t = f_{t,T} \cdot Q$		$\Pi_T = (X - S_t \cdot e^{(r_d - r_f) \cdot dt}) \cdot Q$

Zdroj: Zmeškal, Čulík, Tichý (2005, str. 104)

V Tab. 3.1 ve sloupci výdaje jsou výdaje (+) a příjmy (–), naopak je to ve sloupci příjmy, kde jsou výdaje (–) a příjmy (+). Symbol Π_T označuje hodnotu portfolia v době realizace, Π_t je hodnota portfolia v okamžiku ocenění, Q je udává množství cizí měny, r_d je domácí bezriziková sazba, r_f je zahraniční bezriziková sazba, dt je doba do splatnosti, X značí realizační cenu, S je měnový kurz a $f_{t,T}$ je hodnota forwardu.

Ocenění měnového forwardu vychází z principu nemožnosti arbitráže, který vyplývá z rovnice:

$$\Pi_T = \Pi_t \cdot e^{r_d \cdot dt}, \tag{3.2}$$

kde r_d je domácí bezriziková sazba.

Po dosazení hodnoty portfolia z Tab. 3.1 do arbitrážní rovnice má podmínka pro bezrizikový výnos následující tvar:

$$Q \cdot (X - S_t \cdot e^{(r_d - r_f)\cdot dt}) = -f_{t,T} \cdot Q \cdot e^{r_d \cdot dt} \tag{3.3}$$

a po úpravě lze formulovat vztah pro hodnotu měnového forwardu pro krátkou pozici:

$$f_{t,T} = X \cdot e^{-r_d \cdot dt} - S_t \cdot e^{-r_f \cdot dt}. \tag{3.4}$$

Při vzniku forwardu jsou jeho podmínky stanoveny tak, aby jeho výchozí hodnota byla nulová, tedy $f_{t,T} = 0$. Za tohoto předpokladu potom realizační cena pro dlouhou i krátkou pozici odpovídá forwardové ceně v době realizace:

$$X \equiv F_{0,T} = S_t \cdot e^{(r_d - r_f)\cdot dt}. \tag{3.5}$$

Ocenění měnového forwardu pro dlouhou pozici je obdobné:

$$f_{t,T} = S_t \cdot e^{-r_f \cdot dt} - X \cdot e^{-r_d \cdot dt}. \tag{3.6}$$

3.5.2 Oceňování měnových opcí

Měnová opce poskytuje vlastníkovi opce nikoli povinnost, ale právo k nákupu nebo prodeji určitého množství deviz v kurzu předem dohodnutém a ve stanovenou dobu. Jestli majitel opci využije či nikoliv, závisí na tom, zda je aktuální spotový kurz v době realizace výhodnější než kurz dohodnutý. Za toto právo musí zaplatit opční prémii, jež je stanovena na jednotku podkladové měny. Upisovatel opce má pak povinnost prodat nebo koupit dohodnuté množství deviz. Touto metodou se lze zajistit proti nepříznivému vývoji měnového kurzu, ale umožňuje se i participovat na zisku z příznivých změn devizového kurzu. V případě měnové kupní opce získává držitel opce právo koupit dohodnuté množství deviz od upisovatele za předem dohodnutou realizační cenu. V případě měnové prodejní opce získává držitel opce naopak právo prodat dohodnuté množství deviz upisovateli za předem stanovenou realizační cenu.

Obecně existují tři přístupy pro oceňování opcí:

- numerický přístup,
- analytický přístup,
- simulační přístup.

Na **numerické modely** se nahlíží jako na numerickou aproximaci spojitých procesů v diskrétním čase a zjištěný výsledek má pouze přibližnou vypovídací schopnost. Mezi tyto modely se řadí binomický, trinomický a multinomický model oceňování opcí. U binomického modelu mohou nastat z výchozí situace pouze dva stavy (cena vzroste nebo klesne), oproti tomu další modely mají tři a více možností rozhodování. V případě **analytických metod** je ocenění opce provedeno na základě matematicky odvozeného vzorce a do této kategorie se řadí spojitý Blackův a Scholesův model oceňování opcí. Zástupcem **simulačního přístupu**, který je založen na simulaci náhodného vývoje koncové ceny podkladového aktiva a následného určení ceny opce, je metoda Monte Carlo.

Tato podkapitola je vypracována dle publikací Dluhošová a kol. (2010), Hull (2009), Tichý (2006) a Zmeškal, Dluhošová a Tichý (2013).

Blackův a Scholesův model

Blackův a Scholesův model oceňování opcí (dále BS model), který patří pro svou jednoduchost stále k nejvyužívanějším prostředkům při oceňování, zajišťování a replikaci opcí, vyvinuli v 70. letech 20. století Fischer Black, Myron Scholes a Robert Merton. Model slouží především k oceňování evropských call a put opcí na akcie bez peněžních toků (tj. dividend), avšak model je možné přizpůsobit na mnoho dalších případů.

Model byl odvozen za předpokladu stochastického procesu, konkrétně Wienerova procesu, viz vztah (2.21). Hlavním znakem tohoto procesu je to, že ceny se mění v nekonečně malých okamžicích a u ceny podkladového aktiva se předpokládá logaritmicko-normální rozdělení. Základní model vychází dále z těchto předpokladů:

- možnost krátkého prodeje s úplným využitím výtěžku,
- existence ideálního kapitálového trhu se zanedbatelnými transakčními náklady a daněmi a bez možnosti arbitráže,
- ceny podkladových aktiv se vyvíjejí dle geometrického Brownova pohybu,
- konstantní bezriziková sazba *r* pro všechny doby splatnosti,
- konstantní volatilita podkladového aktiva,
- neuvažuje se výplata dividend,
- ceny jsou nezávislé na očekávaných výnosech.

Odvození Blackova a Scholoseva modelu pro stanovení ceny opce je založeno na myšlence nemožnosti arbitráže a dále se vychází z hedgingové strategie s výše uvedenými předpoklady. Je sestaveno takové hedgingové portfolio, které se skládá z podkladového aktiva S_t a z finančního derivátu f_t, aby byl jeho výnos bezrizikový. Hedgingové portfolio lze vyjádřit vztahem:

$$\Pi_t = f_t - h \cdot S_t, \tag{3.7}$$

kde $h = \frac{\partial f(t, S_t)}{\partial S_t}$ je tzv. hedgingový koeficient. Následně je možné obecně vyjádřit přírůstek hodnoty portfolia takto:

$$\Delta\Pi = \Delta f(t, S_t) - h \cdot \Delta S_t, \tag{3.8}$$

kde $\Delta f(t, S_t)$ je přírůstek hodnoty finančního derivátu vyjádřený prostřednictvím Itôovy lemy a ΔS_t je dynamika ceny aktiva vyjádřená pomocí stochastické diferenciální rovnice (2.27). Po dosazení a úpravách je přírůstek portfolia definován jako:

$$\Delta\Pi = \left(\frac{\partial f(t, S_t)}{\partial t} + \sigma^2 \cdot S_t^2 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{\partial^2 f(t, S_t)}{\partial S_t^2} \right) \cdot dt. \tag{3.9}$$

Jelikož je portfolio bezrizikové, musí při nemožnosti arbitráže přinášet bezrizikový výnos, což lze zapsat následovně:

$$\Delta\Pi = \Pi_t \cdot r \cdot dt. \tag{3.10}$$

Po následném dosazení (3.7) a (3.9) do rovnice pro výpočet přírůstku portfolia (3.10) je získáno:

$$\left(\frac{\partial f(t,S_t)}{\partial t}+\sigma^2\cdot S_t^2\cdot\frac{1}{2}\cdot\frac{\partial^2 f(t,S_t)}{\partial S_t^2}\right)\cdot dt=\left(f_t-\frac{\partial f(t,S_t)}{\partial S}\cdot S_t\right)\cdot r\cdot dt \tag{3.11}$$

a potom:

$$\frac{\partial f(t,S_t)}{\partial t}+r\cdot S_t\cdot\frac{\partial f(t,S_t)}{\partial S}+\sigma^2\cdot S_t^2\cdot\frac{1}{2}\cdot\frac{\partial^2 f(t,S_t)}{\partial S_t^2}=r\cdot f_t. \tag{3.12}$$

Uvedený výraz definuje Blackovu, Scholesovu a Mertonovu parciální diferenciální rovnici označovanou jako BSM PDE, ze které se odvozuje formule pro určení ceny opce. BSM PDE je platná pro jakoukoliv opci za daných předpokladů, ale konkrétní řešení závisí na výplatní funkci dané opce, která jednoznačně určuje její hodnotu v době expirace.

Ocenění plain vanilla call a put opce na měnu

Pro ocenění měnových opcí se využívá modifikovaný BS model pro měnové kurzy označovaný jako GK model, který poprvé v roce 1983 aplikovali Garman a Kohlhagen za účelem určení hodnoty měnové opce.

Cenu evropské call opce je možné určit na základě vztahu:

$$c=e^{-r_f\cdot dt}S_0\cdot N(d_1)-e^{-r_d\cdot dt}\cdot X\cdot N(d_2), \tag{3.13}$$

a cenu evropské put opce:

$$p=e^{-r_d\cdot dt}\cdot X\cdot N(-d_2)-e^{-r_f\cdot dt}S_0\cdot N(-d_1), \tag{3.14}$$

kde $N(d_1)$ a $N(d_2)$ jsou kumulativní distribuční funkce normovaného normálního rozdělení. Parametry c a p jsou ceny evropských call a put opcí, S_0 je výchozí měnový kurz, X je realizační cena, r_d je domácí bezriziková sazba a r_f zahraniční bezriziková sazba, dt je doba do zralosti opce, přičemž d_1 a d_2 jsou vyjádřeny takto:

$$d_1=\frac{\ln\frac{S_0}{X}+(r_d-r_f+\frac{\sigma^2}{2})\cdot dt}{\sigma\cdot\sqrt{dt}}, \tag{3.15}$$

$$d_2=d_1-\sigma\cdot\sqrt{dt}. \tag{3.16}$$

Ocenění měnového short range forwardu

Short range forward patří mezi exotické opce typu package neboli balík skládající se z short pozice v call opci a long pozice v put opci. Realizační ceny je nutné zvolit tak, aby hodnota kontraktu byla při iniciaci nulová, $f_{0,T}^{RF} = 0$, jedná se tedy o collar s nulovou prémií. Realizační cena put opce X_1 se určí jako:

$$X_1 = \frac{S_0 - X}{\sqrt{\frac{1}{dt}}} + S_0, \tag{3.17}$$

kde X značí realizační cenu plain vanilla opce.

Realizační cena call opce X_2 je poté dopočítána tak, aby počáteční náklady byly nulové:

$$p(X_1) \cdot e^{r_d \cdot dt} \cdot q_1 = c(X_2) \cdot e^{r_d \cdot dt} \cdot q_2, \tag{3.18}$$

kde $p(X_1)$ vyjadřuje cenu put opce s realizační cenou X_1, $c(X_2)$ značí cenu call opce s realizační cenou X_2 a množství put opcí, resp. call opcí je označeno q_1, q_2.

Výplata z short range forwardu může být chápána jako finanční tok, který plyne z portfolia:

$$\Pi = F_{0,T} + p^{vanilla}(X_1) - c^{vanilla}(X_2), \tag{3.19}$$

z čehož lze v konečném důsledku naformulovat vztah pro hodnotu range forwardu:

$$f_{t,T}^{RF} = S_t - e^{-r_d \cdot dt} \cdot F_{0,T} + p^{vanilla}(X_1) - c^{vanilla}(X_2), \tag{3.20}$$

kde $F_{0,T}$ je forwardová cena.

Binomický model

Pro binomický model, který byl publikován na konci 70. let 20. století Coxem, Rossem a Rubinsteinem, je typické, že cena aktiva vykazuje v diskrétním čase diskrétní přírůstky. Tento model je diskrétní alternativou ke spojitému BS modelu a byl navržen jako jeho zjednodušující aproximace. Oproti BS modelu má binomický model (dále CRR) jednu výraznou přednost, lze ho využít k ocenění i amerických opcí a taktéž k určení ceny opcí se složitější výplatní funkcí.

CRR je odvozen na základě nemožnosti arbitráže a při jeho aplikaci se předpokládá, že cena podkladového aktiva může na konci období nabýt pouze dvou různých hodnot, tedy může dojít pouze k růstu nebo poklesu ceny podkladového aktiva. Ke stanovení ceny opcí se rozlišují dva přístupy:

- replikační strategie,
- hedgingová strategie.

Základem **replikační strategie** pro evropské opce je vytvoření portfolia z podkladového aktiva a bezrizikového aktiva, které perfektně replikuje hodnotu derivátu pro veškeré budoucí stavy, tzn., aby hodnota portfolia Π_t byla identická hodnotě derivátu C_t. Obecný vztah pro výpočet ceny opce je definován takto:

$$C_t = (1+r)^{-dt} \cdot C^u_{t+dt} \underbrace{\left[\frac{(1+r)^{dt} \cdot S_t - S^d_{t+dt}}{S^u_{t+dt} - S^d_{t+dt}} \right]}_{p} + C^d_{t+dt} \cdot \underbrace{\left[\frac{S^u_{t+dt} - (1+r)^{dt} \cdot S_t}{S^u_{t+dt} - S^d_{t+dt}} \right]}_{(1-\mathrm{p})}, \tag{3.21}$$

kde S_t je měnový kurz, C_t je hodnota derivátu, r je bezriziková sazba, u a d lze interpretovat jako indexy vzrůstu ceny (pohyb vzhůru – up), respektive poklesů ceny (pohyb dolů – down), S^u_{t+dt} je růst měnového kurzu, S^d_{t+dt} je pokles měnového kurzu, p je rizikově neutrální pravděpodobnost růstu a $(1-p)$ je rizikově neutrální pravděpodobnost poklesu,

Předpokladem **hedgingové strategie** pro evropské opce je vytvoření portfolia z podkladového aktiva a opce tak, aby jeho výnos byl bezrizikový. Hledá se takové složení portfolia, tedy počet podkladových aktiv, aby bylo portfolio zajištěné proti pohybu náhodné změny devizového kurzu. To znamená, že hodnota hedgingového portfolia bude stejná na konci období, jak při růstu tak poklesu měnového kurzu, tedy:

$$h \cdot S^u_{t+dt} - C^u_{t+dt} = h \cdot S^d_{t+dt} - C^d_{t+dt}, \tag{3.22}$$

z čeho plyne, že zajišťovací poměr (množství podkladových aktiv) má tvar:

$$h = \frac{C^u_{t+dt} C^d_{t+dt}}{S^u_{t+dt} - S^d_{t+dt}} = \frac{\Delta C}{\Delta S}. \tag{3.23}$$

Cenu opce lze stanovit dvojím způsobem, pro případ když měnový kurz vzroste:

$$C_t = h \cdot S_t - (h \cdot S^u_{t+dt} - C^u_{t+dt}) \cdot (1+r)^{-dt}, \tag{3.24}$$

a když měnový kurz klesne:

$$C_t = h \cdot S_t - (h \cdot S_{t+dt}^d - C_{t+dt}^d) \cdot (1+r)^{-dt}, \tag{3.25}$$

Simulace Monte Carlo

Simulace Monte Carlo je efektivní numerický postup, který se využívá především při oceňování finančních derivátů se složitější výplatou. Principem této metody je vygenerování vektoru náhodných čísel dle příslušného pravděpodobnostního rozdělení, poté následuje výpočet odpovídajících hodnot podkladových aktiv pro každý scénář. Na jejich základě je zjištěna výplata opce v době zralosti a pomocí diskontování bezrizikovou sazbou je pro daný scénář určena výchozí hodnota opce.

Jestliže výplata opce C_t je určena pouze cenou podkladového aktiva S v době zralosti T, přičemž tato cena se vyvíjí dle SDE (2.27), pak postačuje generovat pouze tuto cenu. Jinými slovy, výplata opce je funkcí S_T (měnového kurzu). Odhad hodnoty opce $\hat{C}_t$ lze potom definovat:

$$C_t \approx \hat{C}_t = e^{-r \cdot dt} \cdot \frac{1}{N} \sum_{n=1}^{N} VH(S_T^{(n)}), \tag{3.26}$$

kde $S_T^{(n)}$ má dle GB procesu podobu:

$$S_T^{(n)} = S_t \cdot \exp\left[\left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right) \cdot dt + \sigma \cdot \sqrt{dt} \cdot \varepsilon^{(n)}\right], \tag{3.27}$$

a dle VG procesu je $S_T^{(n)}$ určeno:

$$S_T^{(n)} = S_t \cdot \exp\left[r \cdot dt + \theta \cdot g_t + \vartheta \cdot \sqrt{g_t} \cdot \varepsilon^{(n)} - \omega \cdot dt\right], \tag{3.28}$$

kde r je bezrizikový výnos, dt označuje dobu do zralosti, N je počet náhodných scénářů, n značí jednotlivé scénáře, VH je vnitřní hodnota, σ je směrodatná odchylka výnosů měnového kurzu S v ročním vyjádření, S_t je výchozí měnový kurz, ε je náhodný prvek z normovaného normálního rozdělení, g je náhodný prvek z gama rozdělení, θ, ϑ a ω jsou parametry VG procesu.

4 Aplikace zvolených metod ve vybraném podniku

Tato kapitola bude zaměřena na praktickou aplikaci zvolených metod hedgingu ve společnosti APRI s.r.o., která díky svým zahraničním obchodním aktivitám podstupuje měnové riziko. V její první části bude uvedena charakteristika společnosti APRI s.r.o. Následně budou stanoveny vstupní parametry, naformulován řešený problém a provedena simulace devizového kurzu pomocí metody Monte Carlo, a to na základě geometrického Brownova procesu a Variance gama procesu. V dalších podkapitolách dojde k aplikaci zvolených strategií, nejprve budou oceněny jednotlivé finanční deriváty a poté graficky znázorněny výsledné efekty strategií pro obě varianty podkladového procesu. Na závěr bude provedeno porovnání a zhodnocení dosažených výsledků jednotlivých strategií dle zvolených kritérií. Veškeré výpočty a grafické zobrazení jsou zpracovány prostřednictvím programu Mathematica 9 od společnosti Wolfram Research.

4.1 Charakteristika společnosti APRI s.r.o.

Obchodní jméno:	APRI s. r. o. zapsána v obchodním rejstříku vedeného Krajským soudem v Ostravě oddíl C, vložka 1274.	
Sídlo:	APRI s. r. o.	
	Ostravská 2343	
	756 61 Rožnov pod Radhoštěm	
Rok založení:	29. srpna 1991	
Základní kapitál:	11 000 000,- Kč	
Jednatelé:	Ing. Petr Šumbera	
	Ing. Jiří Jůza, CSc.	
Ředitel:	Ing. Milan Bureš	
Společníci:	Ing. Jiří Jůza, CSc.	obchodní podíl 30 %
	Ing. Petr Šumbera	obchodní podíl 30 %
	RNDr. Jiří Hanzelka	obchodní podíl 20 %
	Ing. Martin Doubrava	obchodní podíl 20 %

Společnost APRI s. r. o. (dále jen Apri) vznikla dnem zápisu do obchodního rejstříku, tj. 29. srpna 1991 v průmyslovém areálu Tesla. Základní jmění bylo ve výši 100 000,- Kč a bylo tvořeno vklady 4 společníků. Tento vklad byl v roce 1999 navýšen na 11 000 000,- Kč. Od počátku se hlavním předmětem podnikání stala výroba dílů a příslušenství pro auta a motory automobilů, včetně obchodní činnosti. Jejím prvním výrobkem byl indikátor spotřeby paliva AD – pro vozy Škoda Favorit. V následujících letech probíhal dál vývoj a výroba různých dílů, zařízení, příslušenství jako např. vývoj nového měřiče okamžité spotřeby paliva CD – s 1 číslicovým displejem, vývoj a výroba palubního počítače pro Škodu Felicia, vývoj ultrazvukového signálu pomocí speciálních senzorů, založeného na principu vysílání a příjmu a následná výroba tohoto zařízení pod názvem Back sonar NBS – 4 aj.

V roce 2000 firma vstoupila na evropský trh prostřednictvím zahraničního obchodního partnera. V roce 2008 se společnosti podařilo uvést na trh nového parkovacího asistenta, který využívá bezdrátovou komunikaci. Bohužel společnost byla v roce 2008 zasažena nastupující krizí automobilového průmyslu, a tak musela přijmout úsporná opatření, která se týkala především snížení výroby a také počtu zaměstnanců. V zájmu stabilizace bylo přistoupeno k rozšíření portfolia zahraničních obchodních partnerů, a tím došlo k postupnému meziročnímu růstu tržeb. V roce 2012 se rozběhla řada vývojových projektů pro zákazníky a výroba a vývoj nových výrobků. Náběh výroby těchto produktů započal v roce 2013 a předpokládá se i v roce 2014. Díky uvedeným aktivitám v oblasti vývoje a výroby byl nastartován významný růst.

Společnost inkasuje 74 % svých tržeb ze zahraničních plateb, a to ze zemí platících eurem, 26 % tržeb je inkasováno v českých korunách. Měnové riziko vyplývající z volatility kurzu CZK/EUR je z části eliminováno nákupem materiálu ze zahraničí. Firma má 51 % závazků v korunách a 25 % v eurech. Firma ale také nakupuje v Číně, 24 % závazků je tedy v dolarech. Pohledávky ze zahraničí v eurech jsou vyšší než závazky v téže měně.

Apri se tedy nachází na spotovém trhu v dlouhé devizové pozici, což znamená, že v budoucnu inkasuje platby ze zahraničí v eurech. Firma je tedy ohrožena kolísáním kurzu v podobě velikosti těchto přijatých zahraničních plateb. Měnové riziko představuje pro firmu posilující kurz koruny, který sníží peněžní příjem v korunovém vyjádření. V případě nezajištění firmy, nepříznivý vývoj kurzu CZK/EUR nezpůsobí pouze snížení hospodářského výsledku, ale také se tento efekt promítne do výsledného cash-flow, které se sníží, dojde i ke snížení likvidity společnosti.

V současnosti společnost využívá pasivní strategii, tedy nezajišťuje se nijak proti měnovému riziku. Apri přijímá tržby v eurech na eurový účet a až je výhodný kurz, tak eura smění na koruny. K převodu používá pevný měsíční kurz České národní banky (dále ČNB).

V práci bude použit k zajištění nejen forward, který v minulosti společnost jedenkrát využila, ale budou také aplikovány metody hedgingu, které firma doposud nikdy nepoužila.

4.2 Popis problematiky a vstupní údaje

K aplikaci zvolených metod hedgingu je nejdříve nutné naformulovat řešený problém a stanovit základní vstupní údaje. Jak již bylo uvedeno, Apri se nachází na promptním trhu v dlouhé pozici a obává se rizika v podobě nižšího peněžního příjmu v korunovém vyjádření z důvodu nepříznivého vývoje kurzu CZK/EUR. Efekt posilující koruny v případě pasivní strategie se může projevit v poklesu hodnoty společnosti.

Jako modelový případ uvažujme situaci, kdy společnost Apri uzavřela 31. prosince 2013 kontrakt na 500 000 EUR s italskou společností Laserline S.p.A. na jeden měsíc. Datum vypořádání je 31. ledna 2014. Úkolem bude zajištění dlouhé devizové pozice společnosti za leden 2014 a jako změna časového intervalu bude použita jedna dvanáctina. Dalšími důležitými parametry jsou bezrizikové sazby potřebné pro ocenění měnových derivátů, pro domácí bezrizikovou sazbu je použita referenční sazba PRIBOR, která se rovná 0,29 %. Tato sazba je převzata z internetových stránek ČNB. Zahraniční bezrizikovou sazbu představuje referenční sazba EURIBOR, jejíž hodnota je 0,214 %. Tato je převzata ze zahraničních internetových stránek Euribor-ebf-eu. Počáteční kurz ke 2. lednu 2014 činí 27,480 CZK/EUR. Souhrnné údaje o kontraktu jsou uvedeny v Tab. 4.1.

Tab. 4.1 Vstupní údaje

Vstupní údaje	
Devizová pozice	500 000 EUR
Datum uzavření	31. prosince 2013
Datum vypořádání	31. ledna 2014
PRIBOR	0,290 %
EURIBOR	0,214 %
Počáteční kurz	27,480 CZK/EUR

Pro zajištění měnového rizika vyplývající z této devizové pozice bude ve společnosti Apri aplikován short forward, long put opce, vybrané opční strategie a na závěr částečný hedging s využitím forwardu. Nejdříve ovšem bude uvedena pasivní strategie, kterou společnost využívá.

Pasivní strategie

V případě nezajištění firma v den vypořádání obdrží stanovený objem eur a tyto prodá za aktuální kurz CZK/EUR na spotovém trhu. Neprovádí tedy žádné kroky k eliminaci měnového rizika.

Forward

Zajištění forwardem je strategií, díky které si firma na období jednoho měsíce zajistí pevný kurz CZK/EUR a po celou dobu životnosti kontraktu ho nezmění, čímž dochází k odstranění rizika plynoucího z volatility devizového kurzu na spotovém trhu. V době realizace jí plyne povinnost prodat dohodnutý objem cizí měny za sjednanou realizační cenu.

Put opce

V rámci této strategie společnost nakoupí potřebné množství put opcí, které pokryjí požadovaný objem prodávaných eur na jeden měsíc. Společnost má právo se v době realizace rozhodnout, zda opci využije či nikoliv, a to v závislosti na aktuálním měnovém kurzu na spotovém trhu. Za toto právo společnost zaplatí opční prémii.

Opční strategie

Z opčních strategií budou využity pro zajištění měnového rizika strategie long straddle, long strip, long strap a long strangle. Základem těchto strategií je současný nákup call a put opcí, přičemž tento nákup může kromě hlavního cíle, tedy zajištění, vést k účasti na zisku v případě výrazného poklesu nebo vzrůstu měnového kurzu CZK/EUR. Dále bude využita strategie short range forward, ve které společnost zaujme dlouhou pozici v put opci a krátkou pozici v call opci, přičemž realizační ceny těchto opcí jsou upraveny tak, aby počáteční náklady byly nulové.

Částečný hedging

Metodou částečného hedgingu dochází k zajištění určité procentní části devizové pozice společnosti, zatímco zbylá část zůstane nezajištěna. Využívá se tedy kombinace již uvedených strategií, konkrétně pasivní strategie s forwardem. Společnost využívá metody částečného zajištění tehdy, když chce zajistit část devizové pozice proti nepříznivým pohybům kurzu CZK/EUR, ale současně se chce podílet na zisku z pozitivního vývoje tohoto kurzu.

Je potřeba zmínit, že simulace Monte Carlo bude aplikována na základě dvou typů podkladových procesů, a to **geometrického Brownova procesu** (GB proces) a **Variance**

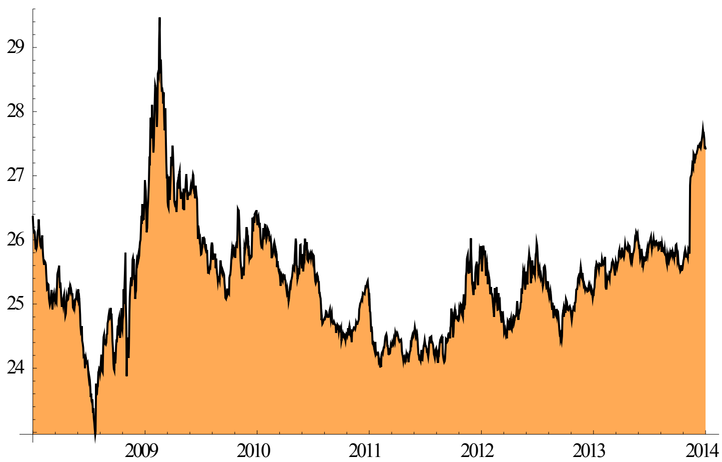
gama procesu (VG procesu). Důležitým znakem VG procesu je, že umožňuje modelovat vyšší momenty pravděpodobnostního rozdělení, zejména špičatost prostřednictvím rozptylu náhodného času v a šikmost skrze θ, což může lépe vyjadřovat riziko. Ke stanovení ceny měnových opcí bude využit pouze GB proces, neboť tento proces je základem Blackova a Scholesova oceňovacího modelu opcí. V případě ocenění forwardu typy podkladových procesů nehrají roli. Výsledné efekty jednotlivých strategií budou zpracovány opět ve dvou variantách. Tyto efekty budou prezentovány pomocí histogramů, ze kterých lze odvodit pravděpodobnostní rozdělení inkasovaných částek ze zahraničí v době realizace, tedy na konci měsíce ledna 2014 v českých korunách.

Výsledky jednotlivých hedgingových strategií budou porovnány podle různých kritérií, mezi které se řadí **nejhorší výsledek**, **nejlepší výsledek**, **střední hodnota**, **směrodatná odchylka**, **medián**, **šikmost** a **špičatost** pro 10^k náhodných scénářů, kde k = <1,2,…,6>. Dále budou hedgingové strategie hodnoceny na základě počátečních nákladů, dle vztahu výnosu a rizika z dané strategie a podle postoje investora k riziku. Na závěr dojde také k vyhodnocení nejlepší varianty zajištění měnového rizika dle uvedených kritérií.

4.3 Simulace náhodného vývoje měnového kurzu

Výchozím bodem pro aplikaci a následné zhodnocení vybraných hedgingových strategií je simulace náhodného vývoje devizového kurzu pomocí metody Monte Carlo pro 10^k náhodných scénářů, přičemž k = <1,2,…,6>. Předpokladem pro simulaci měnového kurzu CZK/EUR je zjištění spojitých výnosů kurzu, jejich střední hodnoty a směrodatné odchylky v případě, že se kurz bude vyvíjet dle GB procesu. Jestliže se kurz bude vyvíjet na bázi VG procesu, je nutné navíc znát parametr šikmosti a špičatosti.

Obr. 4.1 Historický vývoj měnového kurzu CZK/EUR



K výpočtu zmíněných charakteristik je v prvé řadě nutné znát posloupnost denních kurzů z historické časové řady, která je dostupná na internetových stránkách ČNB. V práci je zohledněna časová řada měnového kurzu CZK/EUR za období od 2. ledna 2008 do 31. prosince 2013. Výčet denních kurzů CZK/EUR za stanovené období je obsahem přílohy 1 a grafický vývoj měnového kurzu je zachycen na Obr. 4.1.

Z dané historické časové řady měnového kurzu CZK/EUR jsou dopočítány **spojité výnosy** kurzu na základě vztahu:

$$R_{i,t} = \ln \frac{S_t}{S_{t-1}}, \tag{4.1}$$

kde $R_{i,t}$ vyjadřuje spojitý výnos kurzu v čase t, S_t je měnový kurz CZK/EUR v čase t a S_{t-1} je měnový kurz CZK/EUR v čase t-1.

Následuje určení **střední hodnoty výnosů** dle vzorce:

$$E(R_i) = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^{N} R_{i,t}, \tag{4.2}$$

kde $E(R_i)$ je střední hodnota spojitých výnosů, N je počet hodnot v časové řadě. Jelikož jsou vstupní data, se kterými se počítalo, vyjádřena v denních intervalech, je nutné střední hodnotu výnosu převést na roční bázi. Roční střední hodnota je vyjádřena jako násobek výsledné střední hodnoty výnosů na denní bázi (4.2) a čísla 250, které vyjadřuje počet obchodních dnů v jednom roce.

Rozptyl výnosu kurzu je dán rovnicí:

$$\mathrm{var}(R_i) = \frac{1}{N} \cdot \left[R_{i,t} - E(R_{i,t})\right]^2, \tag{4.3}$$

kde $\mathrm{var}(R_i)$ je rozptyl kurzu, který je opět potřebné vyjádřit na roční bázi, tzn. vynásobit hodnotu rozptylu dle (4.3) počtem obchodních dní.

Směrodatná odchylka je potom vyjádřena pomocí vztahu:

$$\sigma(R_i) = \sqrt{\mathrm{var}(R_i)}, \tag{4.4}$$

kde $\sigma(R_i)$ je směrodatná odchylka kurzu. Směrodatná odchylka na roční bázi je získána násobením směrodatné odchylky vyjádřené na denní bázi (4.4) a odmocniny z počtu obchodních dní.

Šikmost je formulována na základě vztahu:

$$S = \frac{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left[R_{i,t} - E(R_i)\right]^3}{\sigma^3}. \tag{4.5}$$

Špičatost je určena následujícím vztahem:

$$K = \frac{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left[R_{i,t} - E(R_i)\right]^4}{\sigma^4}. \tag{4.6}$$

V Tab. 4.2 jsou uvedeny spočítané základní charakteristiky.

Tab. 4.2 Souhrn základních charakteristik

Veličina	Označení	Hodnota
Střední hodnota	$E(R_i)$	0,0065
Rozptyl	$\mathrm{var}(R_i)$	0,0059
Směrodatná odchylka	$\sigma(R_i)$	0,0766
Špičatost	K	11,7431
Šikmost	S	0,4334

4.3.1 Simulace Monte Carlo dle GB procesu

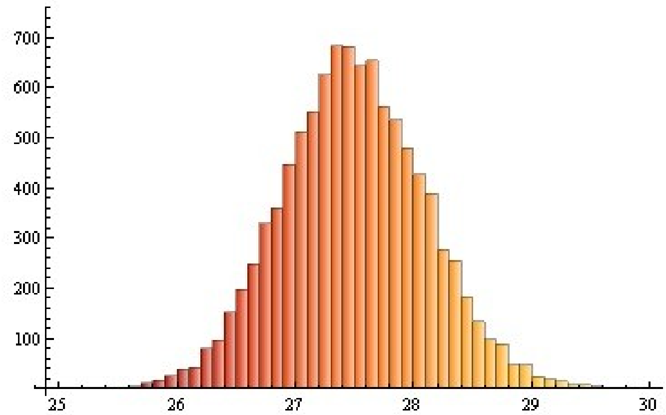
Simulace vývoje měnového kurzu dle GB procesu, je provedena na základě údajů získaných ze spojitých výnosů historické časové řady měnového kurzu CZK/EUR pomocí metody Monte Carlo. K simulaci náhodného vývoje kurzu je potřeba vygenerovat náhodná čísla ε z normovaného normálního rozdělení $N[0,1]$, a to pomocí funkce RandomReal v programu Mathematica 9. Dle vztahu (3.27) je vypočtena simulace náhodného vývoje měnového kurzu CZK/EUR pro 10^k náhodných scénářů, přičemž $k = <1,2,\ldots,6>$.

Vstupní parametry pro výpočet jsou:

- počáteční kurz $S_0 = 27{,}480$ CZK/EUR,
- roční střední hodnota výnosu $E(R_i) = 0{,}0065$,
- roční směrodatná odchylka $\sigma(Ri) = 0{,}0766$,
- časový interval $\Delta t = \frac{1}{12}$,
- počet scénářů pro simulaci náhodných prvků $\varepsilon = 10^k$, $k = <1,2,\ldots,6>$.

Obr. 4.2 znázorňuje s využitím histogramu pravděpodobnostní rozložení devizového kurzu CZK/EUR pro 10 000 scénářů na základě GB procesu v den vypořádání kontraktu.

Obr. 4.2 Pravděpodobností rozdělení kurzu CZK/EUR dle GB procesu



4.3.2 Simulace Monte Carlo dle VG procesu

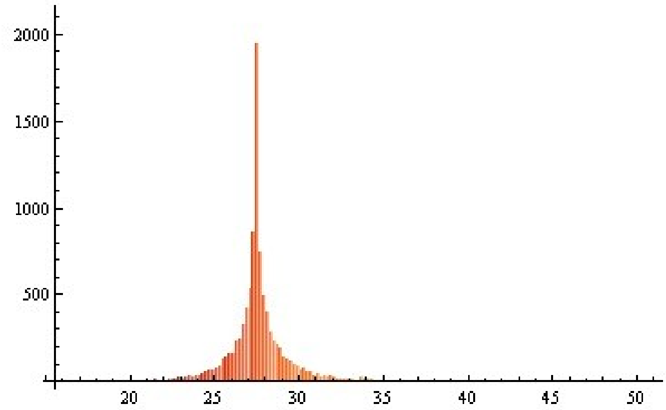
Východiskem simulace Monte Carlo za předpokladu, že se podkladové aktivum, tedy měnový kurz, vyvíjí dle VG procesu, je taktéž vygenerování náhodných čísel ε z normovaného normálního rozdělení N [0,1]. Navíc je však potřeba vygenerovat náhodný prvek g z gama rozdělení $G\left(\frac{1}{\nu},\nu\right)$, také pomocí funkce RandomReal. Dále jsou vypočteny parametry VG procesu dle Tab. 2.3. Výpočet devizového kurzu CZK/EUR je pak proveden na základě vztahu (3.28) pro 10^k náhodných scénářů, kde k = <1,2,…,6>. Korekční faktor ω je spočítán pomocí vzorce (2.36).

Vstupní údaje pro simulaci jsou stejné jako u GB procesu, ale navíc jsou zahrnuty tyto parametry:

- šikmost $S = 0{,}4334$
- špičatost $K = 11{,}7431$
- volatilita $\vartheta = -\,0{,}0763$
- gama šikmost $\theta = 0{,}0039$
- gama rozptyl $\nu = 2{,}8758$
- počet scénářů pro simulaci náhodných prvků $g = 10^k$, k = <1,2,…,6>

Pravděpodobnostní rozložení devizového kurzu v době zralosti pro 10 000 scénářů dle VG procesu je zobrazeno na Obr. 4.3.

Obr. 4.3 Pravděpodobností rozdělení kurzu CZK/EUR dle VG procesu



Simulované hodnoty měnového kurzu CKZ/EUR dle obou procesů budou použity při stanovování efektu ze zajištění prostřednictvím vybraných metod hedgingu měnového rizika, přičemž ocenění měnových derivátu, konkrétně opcí, bude provedeno pouze na bázi GB procesu, jak již bylo zmíněno.

4.4 Pasivní strategie

Pasivní strategii je možné popsat jako situaci, kdy společnost nepoužívá žádné nástroje k zajištění měnového rizika a je plně vystavena vlivu rizika volatility kurzu. Nachází se v nekryté pozici. V případě, že se firma nachází v dlouhé devizové pozici, na konci měsíce smění obdrženou cizí měnu na spotovém trhu za aktuální kurz. Nedochází tedy k žádnému snížení rizika, je však ponechána možnost profitovat z příznivého vývoje devizového kurzu. V souvislosti s tím neexistují žádné počáteční náklady.

Tuto strategii využívá společnost Apri. Nezajištění je pro firmu výhodné pouze v případě pozitivního vývoje kurzu CZK/EUR, tedy tehdy, když koruna vůči euru v průběhu období bude oslabovat. Aktuální kurz platný v daný okamžik je vyšší než očekávaný a společnost pak může realizovat kurzový zisk. V opačné situaci, kdy dochází k posilování koruny vůči euru, společnost utrpí kurzovou ztrátu.

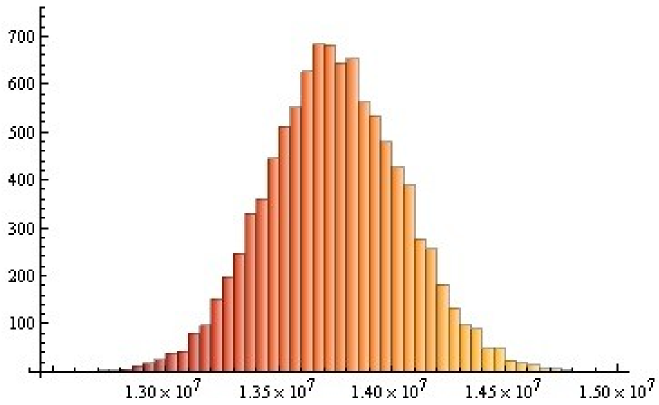
Výsledný efekt u pasivní strategie je dán inkasovanými peněžními prostředky Q ve výši 500 00 EUR, které jsou směněny za kurz platný v daný okamžik na spotovém trhu. Tento vztah lze vyjádřit jako:

$$efekt = Q \cdot S_T,$$

kde Q je devizová pozice a S_T je nasimulovaný vývoj měnového kurzu CZK/EUR metodou Monte Carlo.

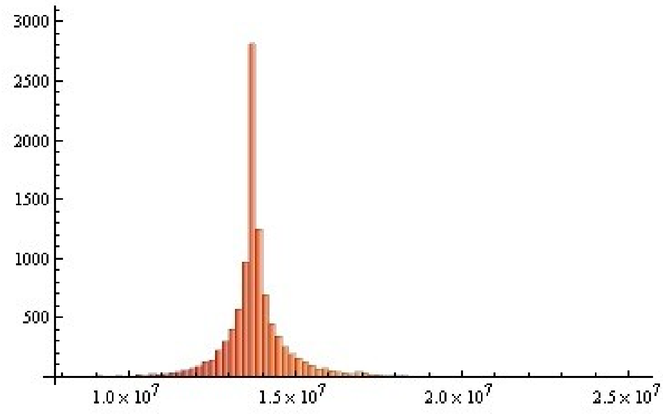
Za předpokladu, že se kurz vyvíjí dle GB procesu pro $\varepsilon = 10^k$, $k = <1,2\ldots6>$, je S_T dáno dle (3.27). Pravděpodobnostní rozložení inkasovaných částek ze zahraničí v českých korunách pro 10 000 náhodných scénářů je zobrazeno na Obr. 4.3 pomocí histogramu, ze kterého lze vydedukovat, že společnost tedy s největší pravděpodobností v případě nezajištění své devizové pozice příjme přibližně částku 13,7 mil. CZK.

Obr. 4.3 Efekt z nezajištění na základě GB procesu



V případě, že jsou za nasimulované kurzy S_T dosazeny kurzy vypočítané dle VG procesu, výsledný efekt pro 10 000 scénářů je graficky znázorněn histogramem na Obr. 4.4. Nejpravděpodobněji společnost dosáhne příjmu, který odpovídá také částce cca 13,7 mil. CZK, avšak pravděpodobnost je vyšší.

Obr. 4.4 Efekt z nezajištění na základě VG procesu



4.5 Zajištění měnového rizika forwardem

V této podkapitole bude realizováno zajištění měnového rizika pomocí derivátového nástroje forwardu, který má nulové počáteční náklady. Hlavním pozitivem forwardu je tzv. šití na míru, kdy se obě strany dohodnou na specifických podmínkách smlouvy. V tomto forwardu firma zaujme krátkou pozici, vzhledem k tomu, že se na promptním trhu nachází v dlouhé pozici. Firma si short forwardem zajistí po dobu jednoho měsíce neměnný kurz CZK/EUR, jelikož se obává posilování koruny vůči euru. V průběhu měsíce již nebude provádět žádné kroky pro zajištění. Na konci měsíce má společnost povinnost prodat zajišťovanou devizovou pozici za dohodnutou forwardovou cenu.

Vstupní data pro ocenění měnového short forwardu:

- počáteční kurz S_0 = 27,480 CZK/EUR,
- domácí měsíční bezriziková sazba Pribor, r_d = 0,290 %,
- zahraniční měsíční bezriziková sazba Euribor, r_f = 0,214 %,
- časový interval $\Delta t = \frac{1}{12}$.

Forwardová cena při oceňování forwardu, tedy v čase t_0, je upravena tak, aby hodnota forwardového kontraktu byla rovna nule, $f_{0,T} = 0$. Na základě vstupních dat je dle (3.5) dopočten forwardový kurz X^F se splatností 1 měsíc, který je ve výši X^F = 27,4817 CZK/EUR.

Dle výše forwardového kurzu mohou nastat v době vypořádání tři situace:

- jestliže je forwardový kurz vyšší než aktuální spotový kurz, společnost realizuje zisk, obdrží více peněžních prostředků v korunách, než kdyby eura prodala na spotovém trhu,
- jestliže je forwardová cena totožná jako aktuální spotový kurz, peněžní příjem společnosti v korunách je v této situaci stejný jako ze směny eura za forwardový kurz, tak ze směny za aktuální spotový kurz,
- jestliže je forwardový kurz nižší než aktuální spotový kurz, společnost realizuje ztrátu, obdrží méně peněžních prostředků v korunách, než kdyby eura prodala na spotovém trhu.

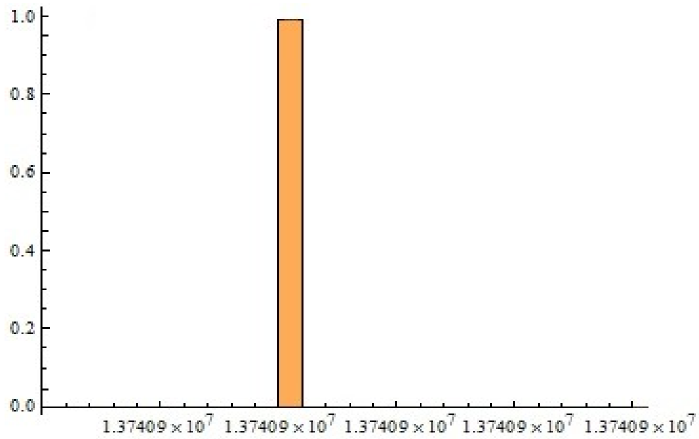
Celkový efekt z této strategie se vypočítá jako:

$$efekt = Q \cdot X^F ,$$

kde X^F je forwardová cena pro kontrakt na jeden měsíc.

Výsledný efekt při hedgingu forwardem po dosazení hodnoty 500 000 EUR za Q a 27,4817 za X^F je roven částce 13 740 870 CZK.

Obr. 4.5 Efekt z forwardu



V případě forwardového kontraktu nezáleží na typu procesu, podle kterého se vyvíjí měnový kurz. Je to z důvodu, že obě strany kontraktu jsou povinny obchod uskutečnit za sjednaný forwardový kurz. Výsledný efekt je dán výši tohoto kurzu, který je totožný u obou typů procesů, neboť typ procesu se do výpočtu efektu nepromítne. Směrodatná odchylka je pak nulová, tudíž měnové riziko je zcela eliminováno.

4.6 Zajištění měnového rizika opcemi

V následujících podkapitolách bude provedeno zajištění pomocí long put opce a různých opčních strategií, konkrétně long straddle, long strip, long strap, long strangle a short range forward.

Ze zajištění měnového rizika pomocí opcí vyplývá vyšší nákladnost než u zajištění forwardem, kde jsou náklady nulové, s výjimkou range forwardu. Náklady u opcí představují zaplacené opční prémie, které platí kupující prodávajícímu. Zajištění opcemi zamezuje dopadu nepříznivého vývoje, současně však umožňuje profitovat z vývoje příznivého. To je vyváženo nenulovými počátečními náklady ve výši zaplacené opční prémie.

4.6.1 Zajištění long put opcí

Další alternativou k zajištění devizového rizika je tedy měnová put opce, ve které společnost zaujme dlouhou pozici. To znamená, že společnost nakoupí potřebné množství put opcí tak, aby byla pokryta její devizová pozice ve výši 500 000 EUR. Jedna opce zní na 100 000 EUR, z čehož plyne, že bude nakoupeno 5 put opcí. S nákupem put opcí je spojeno právo, nikoliv povinnost prodat zahraniční měnu za realizační cenu. Za toto právo musí společnost zaplatit opční prémii. Volba této strategie umožňuje společnosti zajistit se proti posilování koruny a zároveň má možnost se participovat na zisku v případě jejího oslabování.

Vstupní údaje pro ocenění měnové put opce:

- počáteční kurz S_0 = 27,480 CZK/EUR,
- domácí měsíční bezriziková sazba Pribor, r_d = 0,290 %
- zahraniční měsíční bezriziková sazba Euribor, r_f = 0,214 %
- realizační cena X^F = 27,4817 CZK/EUR,
- roční směrodatná odchylka $\sigma(R_i)$ = 0,0767
- časový interval $\Delta t = \frac{1}{12}$.

Stanovení ceny měnové put opce je provedeno na základě Blackova a Scholesova modelu dle vztahu (3.14) pro ocenění měnové put opce v čase t = 0, kde hodnoty d_1 a d_2 jsou dopočteny podle vzorce (3.15) a (3.16). Cena put opce na jednotku cizí měny je p = 0,242335 CZK/EUR, avšak konečná hodnota jedné put opce po směně na koruny odpovídá p = 24 233,5 CZK, neboť jedna opce zní na 100 000 EUR. Společnost musí nakoupit 5 takovýchto put opcí, aby zajistila celou devizovou pozici na dobu jednoho měsíce.

V době realizace mohou nastat opět tři situace:

- pokud je realizační cena vyšší než aktuální spotový kurz, společnost opci využije a prodá objem cizí měny za stanovenou realizační cenu a může realizovat zisk,
- pokud je realizační cena rovna aktuálnímu kurzu na spotovém trhu, obdržený peněžní příjem v korunách bude stejný, jak při prodeji cizí měny za realizační cenu, tak při prodeji za aktuální kurz,

- pokud je realizační cena nižší než aktuální spotový kurz, společnost neuplatní právo z put opce a prodá objem cizí měny na spotovém trhu za aktuální kurz, přičemž mu může vzniknout maximální ztráta ve výši ceny opce.

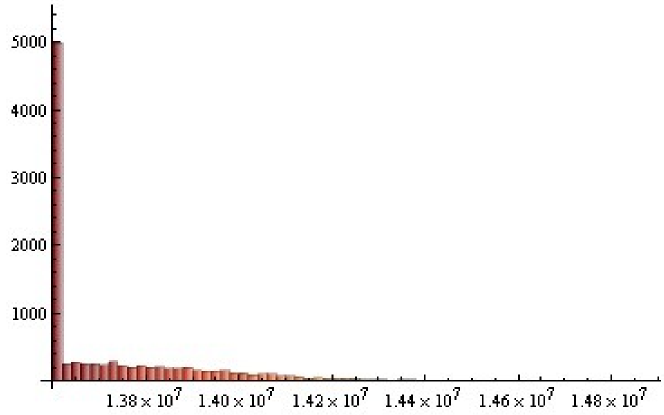
Efekt pro strategii s měnovou put opcí je definován jako:

$$efekt = S_T \cdot Q + VH_{put}^{long} \cdot 100\,000 \cdot q - 100\,000 \cdot p \cdot q \cdot e^{r_d \cdot dt},$$

kde VH_{put}^{long} je vnitřní hodnota koupené put opce dopočítána dle vzorce (2.14), q je počet nakoupených put opcí, p je cena měnové put opce.

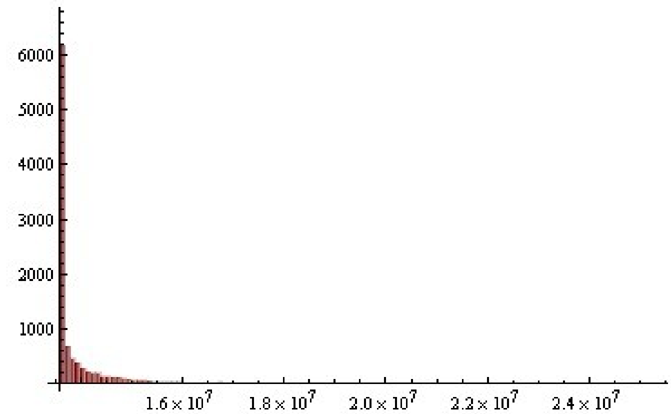
Rozdělení pravděpodobnosti výsledného efektu této strategie při zohlednění 10 000 scénářů je znázorněno na Obr. 4.6. Za předpokladu vývoje kurzu dle GB procesu společnost nejpravděpodobněji inkasuje částku ve výši kolem 13,6 mil. CZK.

Obr. 4.6 Efekt z put opce na základě GB procesu



Pokud se nasimulovaný kurz vyvíjí dle VG procesu, celkový efekt v korunách pro 10 000 scénářů je zobrazen pomocí histogramu na Obr. 4.7.

Obr. 4.7 Efekt z put opce na základě VG procesu



S největší pravděpodobností se lze domnívat, že bude dosaženo korunového příjmu v přibližné částce 13,6 mil. CZK.

4.6.2 Zajištění long straddle

Strategie long straddle nabízí další možnost k eliminaci měnového rizika, a to současným nákupem call a put opce se stejnými parametry. Tato metoda je vhodná k využití zejména tehdy, když se očekává výrazný pohyb měnového kurzu, aby byly pokryty náklady na obě opční prémie. Pokud bude kurz růst, společnost se bude participovat na zisku z call opce a naopak v případě poklesu kurzu bude společnost vydělávat z put opce.

Vstupní data pro ocenění long straddle jsou stejná jako u zajištění měnovou put opcí v podkapitole 4.6.1. Cena call opce je stanovena dle formulace (3.13) a cena put opce dle vztahu (3.14), přičemž d_1 a d_2 je vypočteno z rovnic (3.15) a (3.16). Při správném sestavení strategie se budou opční prémie rovnat. Cena měnové put opce, která činí p = 24 233,5 CZK, byla zjištěna již výše v textu. Cena měnové call opce je ve stejné výši, c = 24 233,5 CZK.

Výsledný efekt ze strategie long straddle se vypočte podle vzorce:

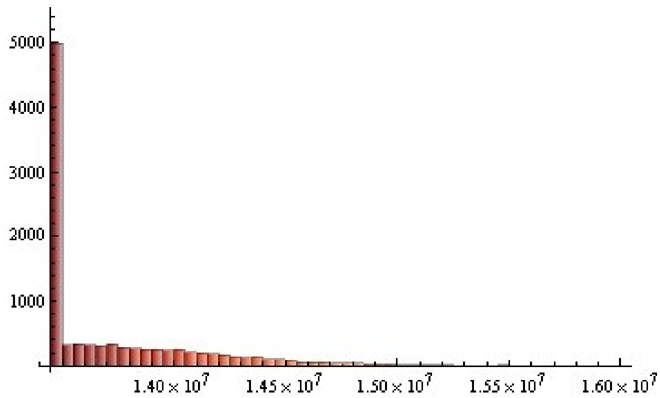
$$efekt = S_T \cdot Q + VH_{put}^{long} \cdot 100\,000 \cdot q - 100\,000 \cdot p \cdot q \cdot e^{r_d \cdot dt} +$$

$$+ VH_{call}^{long} \cdot 100\,000 \cdot q - 100\,000 \cdot c \cdot q \cdot e^{r_d \cdot dt},$$

kde VH_{call}^{long} je vnitřní hodnota call opce v dlouhé pozici zjištěná dle vzorce (2.10), p a c je cena měnové put opce, respektive měnové call opce. Ocenění a stanovení efektu z long straddle je součástí přílohy 2.

Histogram efektu z této strategie pro 10 000 scénářů je vyobrazen na Obr. 4.8.

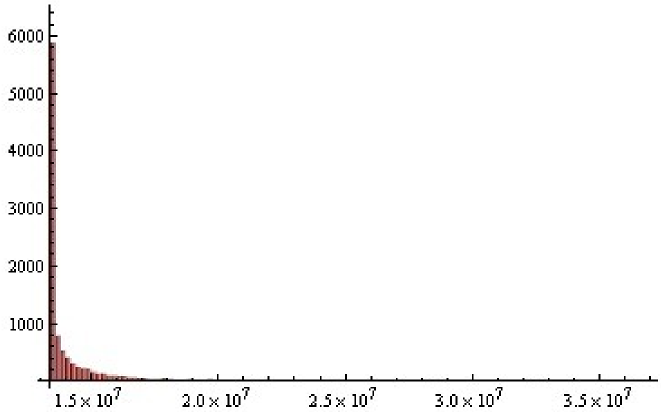
Obr. 4.8 Efekt z opční strategie long straddle dle GB procesu



S největší pravděpodobností lze předpokládat, že společnost příjme ze zahraničí částku v přibližné výši 13,5 mil. CZK. Uvažuje se, že měnový kurz se vyvíjí na základě GB procesu.

Za předpokladu záměny GB procesu za VG proces je celkový efekt pro 10 000 náhodných scénářů znázorněn histogramem na Obr. 4.9. Z tohoto histogramu lze usoudit, že s největší pravděpodobností společnost dosáhne příjmu ve výši cca 13,5 mil. CZK.

Obr. 4.9 Efekt z opční strategie long straddle dle VG procesu



4.6.3 Zajištění long strip

Opční strategie long strip zastupuje první z variant strategie straddle, přičemž se také jedná o současný nákup call a put opce se stejnými realizačními cenami. Rozdíl spočívá v tom, že je nakoupeno více put opcí. Jako konkrétní příklad byl zvolen nákup jedné call opce a dvou put opcí.

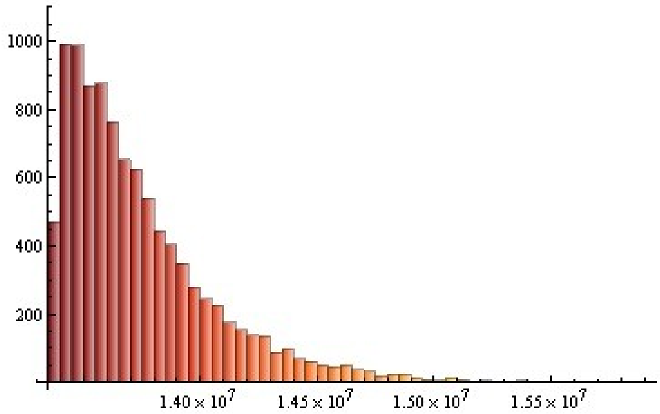
Vstupní parametry pro stanovení ceny jsou opět stejné, tudíž i cena měnové call a put opce se také shodují. Efekt z této strategie se určí obdobně jako u strategie long straddle, ale navíc jsou do vztahu započítány dvě put opce:

$$efekt = S_T \cdot Q + 2 \cdot VH_{put}^{long} \cdot 100\,000 \cdot q - 2 \cdot 100\,000 \cdot p \cdot q \cdot e^{r_d \cdot dt} +$$

$$+ VH_{call}^{long} \cdot 100\,000 \cdot q - 100\,000 \cdot c \cdot q \cdot e^{r_d \cdot dt}.$$

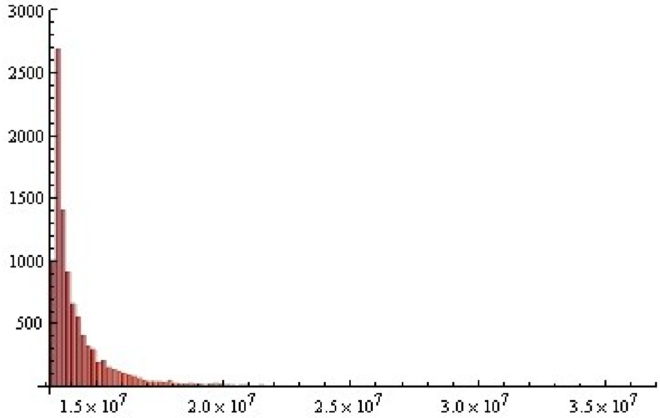
Rozložení pravděpodobnosti inkasovaných částek v korunách pro 10 000 scénářů, v případě vývoje kurzu na bázi GB procesu, je vyobrazeno histogramem na Obr. 4.10. Při zajištění pomocí strategie long strip by společnost přijala s největší pravděpodobností částku kolem 13,7 mil. CZK.

Obr. 4.10 Efekt z opční strategie long strip dle GB procesu



Pokud je uvažováno s vývojem kurzu na bázi VG procesu, graficky je pak konečný efekt znázorněn prostřednictvím histogramu na Obr. 4.11. Z tohoto histogramu je zřejmé, že společnost s největší pravděpodobností inkasuje částku ve výši kolem 13,8 mil. CZK.

Obr. 4.11 Efekt z opční strategie long strip dle VG procesu



4.6.4 Zajištění long strap

Další možností zajištění měnového rizika je využití strategie long strap, která představuje druhou variantu strategie straddle. Rozdílnost vyplývá z odlišného počtu nakoupených call opcí. Pro účely práce je jako konkrétní příklad zvolen nákup jedné put opce a dvou call opcí.

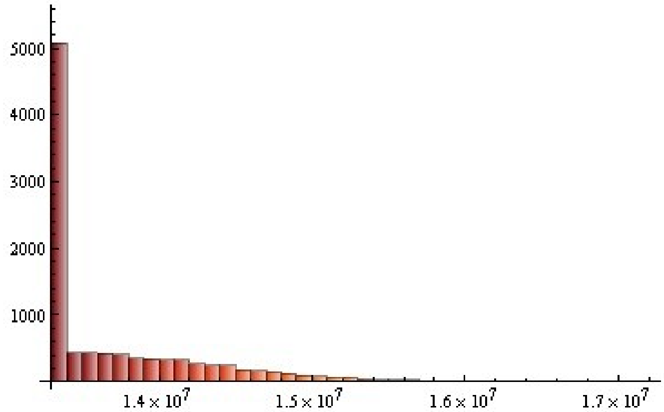
Stejně jako u předchozí strategie vstupní data pro ocenění jsou totožné, z toho plyne i shodnost ceny call a put opce. Při výpočtu výsledného efektu se postupuje analogicky, avšak jsou navíc zahrnuty dvě call opce:

$$efekt = S_T \cdot Q + VH_{put}^{long} \cdot 100\,000 \cdot q - 100\,000 \cdot p \cdot q \cdot e^{r_d \cdot dt} +$$

$$+ 2 \cdot VH_{call}^{long} \cdot 100\,000 \cdot q - 2 \cdot 100\,000 \cdot c \cdot q \cdot e^{r_d \cdot dt}.$$

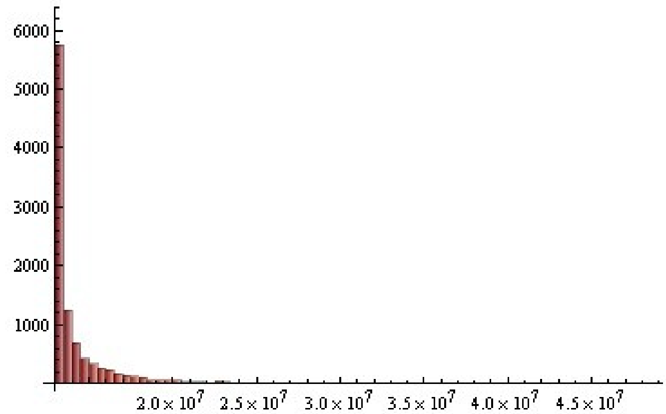
Pokud se uvažuje s vývojem kurzu dle GB procesu, výsledný efekt pro 10 000 scénářů, který plyne ze strategie long strap, je znázorněn na Obr. 4.12. Společnost v době realizace nejpravděpodobněji inkasuje částku v přibližné hodnotě 13,4 mil. CZK.

Obr. 4.12 Efekt z opční strategie long strap dle GB procesu



Ve variantě s VG procesem je pravděpodobnostní rozdělení množství peněz v CZK, které společnost po směně obdrží, vyobrazeno pomocí histogramu na Obr. 4.13, ze kterého lze vyčíst, že společnost nejpravděpodobněji příjme částku v přibližné hodnotě 13,4 mil. CZK.

Obr. 4.13 Efekt z opční strategie long strap dle VG procesu



4.6.5 Zajištění long strangle

Strategie long strangle je kombinace nakoupené call a put opce, při níž se jejich realizační ceny liší, čímž dochází ke snížení celkových nákladů na pořízení opcí. Realizační ceny jsou určeny v rozpětí ± 3 % od původní realizační ceny, přičemž realizační cena put opce je o 3 % nižší a realizační cena call opce o 3 % vyšší. Využití této strategie je vhodné ve stejném případě jako u long straddle. Společnost bude profitovat z výrazného posílení měnového kurzu nad vyšší realizační cenu nebo z výrazného oslabení pod nižší realizační cenu.

Stanovení ceny měnové call a put opce je analogické jako u long straddle, avšak dojde k záměně realizačních cen, tedy realizační cena call opce je X_{call} = 28,3062 CZK/EUR a put opce X_{put} = 26,6573 CZK/EUR. Ostatní vstupní parametry pro ocenění jsou stejné jako v podkapitole 4.6.1. Cena měnové call opce potom odpovídá c = 2 593,36 CZK a cena měnové put opce je p = 2 303,85 CZK.

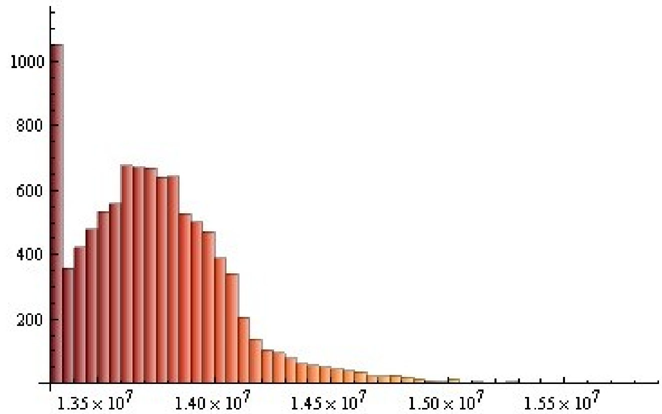
Efekt z long strangle se určí na základě stejného vztahu jako u strategie long straddle, tedy:

$$efekt = S_T \cdot Q + VH_{put}^{long} \cdot 100\,000 \cdot q - 100\,000 \cdot p \cdot q \cdot e^{r_d \cdot dt} +$$

$$+ VH_{call}^{long} \cdot 100\,000 \cdot q - 100\,000 \cdot c \cdot q \cdot e^{r_d \cdot dt}.$$

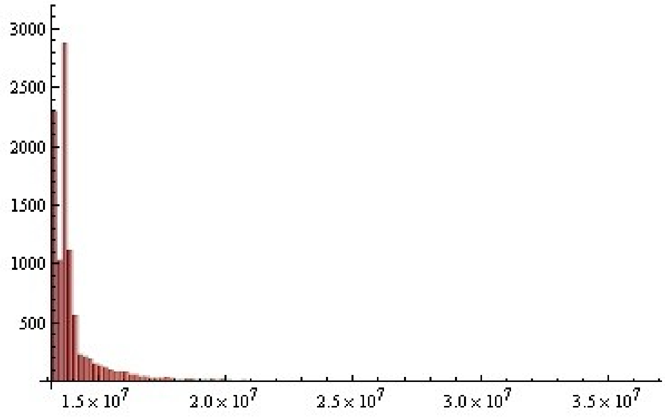
Jestliže se devizový kurz vyvíjí na základě GB procesu, pravděpodobnostní rozložení výsledného efektu opční strategie long straddle při zohlednění 10 000 scénářů lze pozorovat na Obr. 4.14. Společnost s největší pravděpodobností inkasuje částku ve výši cca 13,7 mil CZK.

Obr. 4.14 Efekt z opční strategie long strangle dle GB procesu



V případě obměny GB procesu za VG proces má výsledný efekt pro 10 000 scénářů podobu histogramu, který je zobrazen na Obr. 4.15. Nejpravděpodobněji společnost dosáhne částky v hodnotě kolem 13,7 mil. CZK.

Obr. 4.15 Efekt z opční strategie long strangle dle VG procesu



4.6.6 Zajištění short range forwardem

Short range forward představuje další možnost pro zajištění měnového rizika. Tato strategie se skládá z nakoupené put opce s realizační cenou X_1 a prodané call opce s realizační cenou X_2. Tyto ceny musí být stanoveny tak, aby počáteční náklady byly nulové, jedná se tedy o zero-cost strategii.

Ocenění short range forwardu, je založeno na předpokladu nulové počáteční hodnoty kontraktu, ke které lze dospět úpravou realizační cen. Nejprve je nutné spočítat realizační cenu put opce X_1 dle vztahu (3.17), kde za X je dosazena realizační cena, X^F = 27,4817 CZK/EUR. Z toho plyne, že realizační cena put opce X_1 má hodnotu X_1 = 27,474 CZK/EUR. Následně je dopočítána realizační cena call opce X_2 tak, aby počáteční náklady short range forwardu byly nulové. Této podmínky se dosáhne v případě platnosti vztahu (3.18) a potom realizační cena call opce odpovídá X_2 = 27,4896 CZK/EUR. Ostatní vstupní data pro ocenění short range forwardu jsou totožné jako v podkapitole 4.6.1. Cena měnové put a call opce je opět stanovena na základě BS modelu, konkrétně dle (3.14) a (3.13) a tyto dvě ceny se rovnají, $p = c$ = 23 843,7 CZK.

Výsledný efekt strategie short range forward se určí pomocí vztahu:

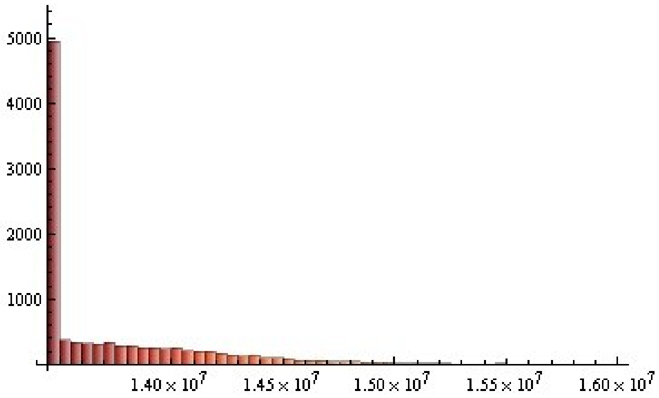
$$efekt = S_T \cdot Q + VH_{put}^{long} \cdot 100\,000 \cdot q_1 - 100\,000 \cdot p \cdot q_1 \cdot e^{r_d \cdot dt} +$$

$$+ VH_{call}^{short} \cdot 100\,000 \cdot q_2 - 100\,000 \cdot c \cdot q_2 \cdot e^{r_d \cdot dt},$$

kde VH_{call}^{short} je vnitřní hodnota call opce v krátké pozici určená dle vztahu (2.12), q_1 je množství nakoupených put opcí a q_2 je množství prodaných call opcí, přičemž platí, že $q_1 = q_2 = 5$.

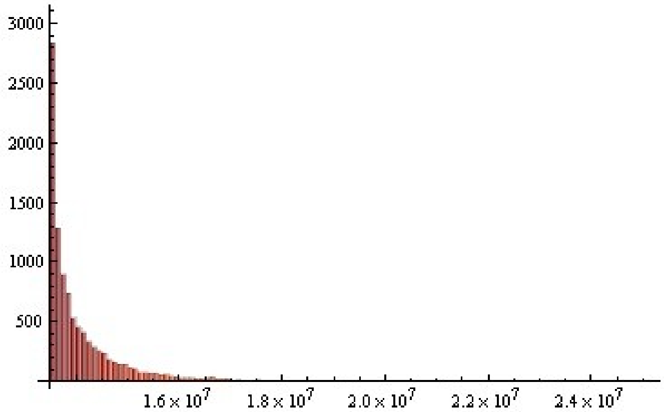
Ve variantě s GB procesem je pravděpodobnostní rozdělení příjmů plynoucích z short range forwardu pro 10 000 scénářů uvedeno na Obr 4.16. Společnost s největší pravděpodobností inkasuje částku ve výši cca 13,5 mil. CZK.

Obr. 4.16 Efekt ze strategie short range forward dle GB procesu



V případě, že je simulace devizového kurzu provedena na základě VG procesu, výsledný efekt pro 10 000 scénářů má podobu histogramu, který je znázorněn na Obr. 4.17. Nejpravděpodobněji pak společnost bude mít příjem v hodnotě kolem 13,8 mil. CZK.

Obr. 4.17 Efekt ze strategie short range forward dle VG procesu



4.7 Částečné zajištění

Strategie částečného hedgingu spočívá v tom, že určitá část devizové pozice vyjádřená v procentech bude zajištěna (α), zatímco zbylá procentní část zůstane nekryta, tedy nezajištěna ($1 - \alpha$). V již aplikovaných metodách hedgingu se uvažovalo se zajištěním celé devizové pozice, $\alpha = 100$ %, naproti tomu v této podkapitole se bude zajišťovat měnové riziko postupně z 90 %, 75 % a 50 %, a to prostřednictvím finančního derivátu short forward, neboť tento nástroj už společnost jedenkrát využila. Částečné zajištění zamezuje dopadu nepříznivého vývoje, současně však umožňuje profitovat z vývoje příznivého.

4.7.1 Částečné zajištění forwardem

V případě metody částečného zajištění s aplikací finančního derivátu typu forward je devizové pozice v různé procentní výši zajištěna a zbylá část je ponechána nekryta. Konkrétně se jedná o následující situace:

- zajištění forwardem α = 90 %, nezajištění $(1 - \alpha)$ = 10 %,
- zajištění forwardem α = 75 %, nezajištění $(1 - \alpha)$ = 25 %,
- zajištění forwardem α = 50 %, nezajištění $(1 - \alpha)$ = 50 %.

Vstupní údaje pro ocenění short forwardu a samotné stanovení forwardového kurzu je součástí podkapitoly 4.5. Forwardový kurz odpovídá hodnotě X^F = 27,482 CZK/EUR.

Výsledný efekt částečného zajištění forwardem lze definovat jako:

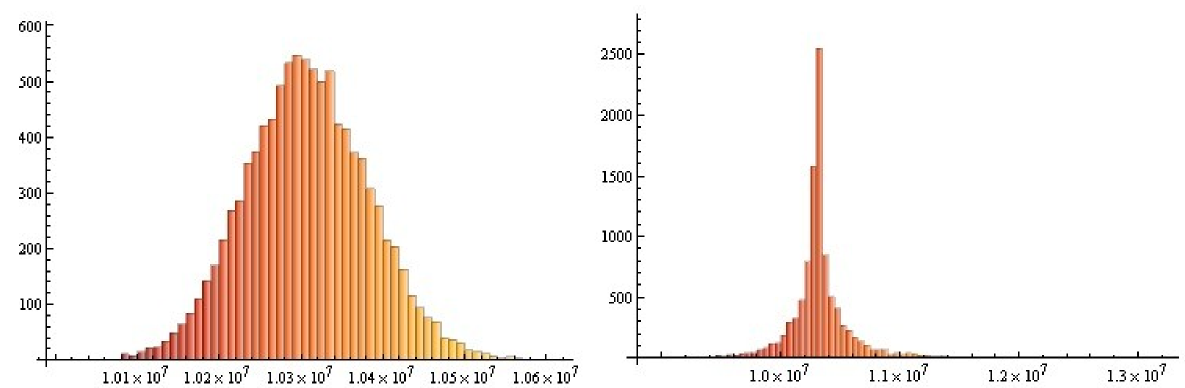
$$efekt = X^F \cdot Q_1 + S_T \cdot Q_2,$$

kde X^F je forwardový kurz, Q_1 představuje určitou procentní část devizové pozice (α), která je zajištěna pomocí forwardu, Q_2 je zbylá procentní část devizové pozice, která je nezajištěna $(1 - \alpha)$, S_T jsou nasimulované kurzy na základě GB nebo VG procesu.

Výsledné efekty z částečného hedgingu forwardem pro 10 000 scénářů při α = 90 %, α = 75 % a α = 50 % zajištění devizové pozice jsou znázorněny pomocí histogramů na Obr. 4.18, 4.19 a 4.20, přičemž se berou v úvahu oba dva typy podkladových procesů.

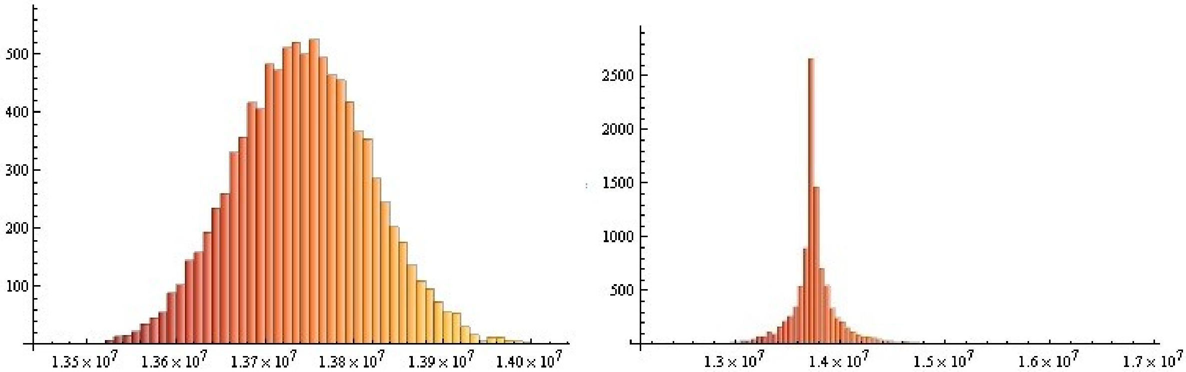
Obr. 4.18 Efekty z částečného zajištění forwardem (α = 90 %) na základě GB procesu a) a VG procesu b)

a) b)



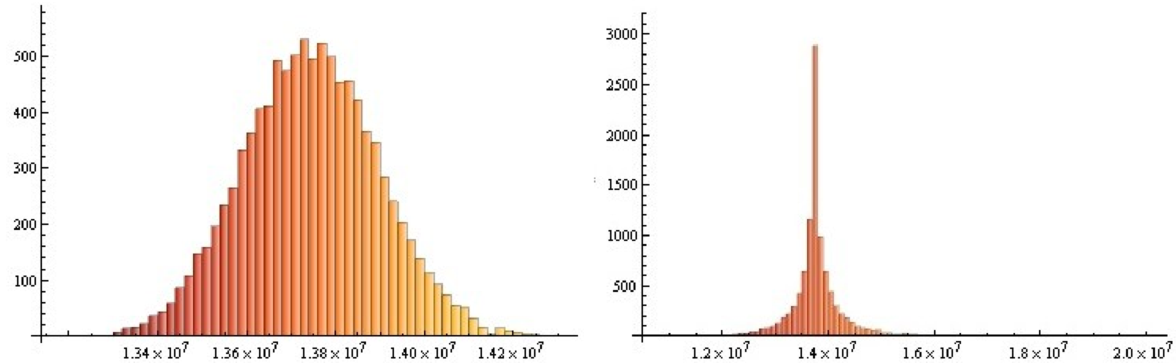
Obr. 4.19 Efekty z částečného zajištění forwardem (α = 75 %) na základě GB procesu a) a VG procesu b)

a) b)



Obr. 4.20 Efekty z částečného zajištění forwardem (α =50 %) na základě GB procesu a) a VG procesu b)

a) b)



4.8 Vyhodnocení zvolených hedgingových strategií

Aplikované metody zajištění budou vyhodnoceny dle vybraných kritérií, které budou v úvodu podkapitoly blíže charakterizovány. Následně budou hodnoceny z hlediska výše počátečních nákladů jednotlivých strategií, dle vztahu výnosu a rizika, podle postoje investora k riziku a na závěr dle zohlednění všech kritérií.

4.8.1 Vyhodnocení podle vybraných kritérií

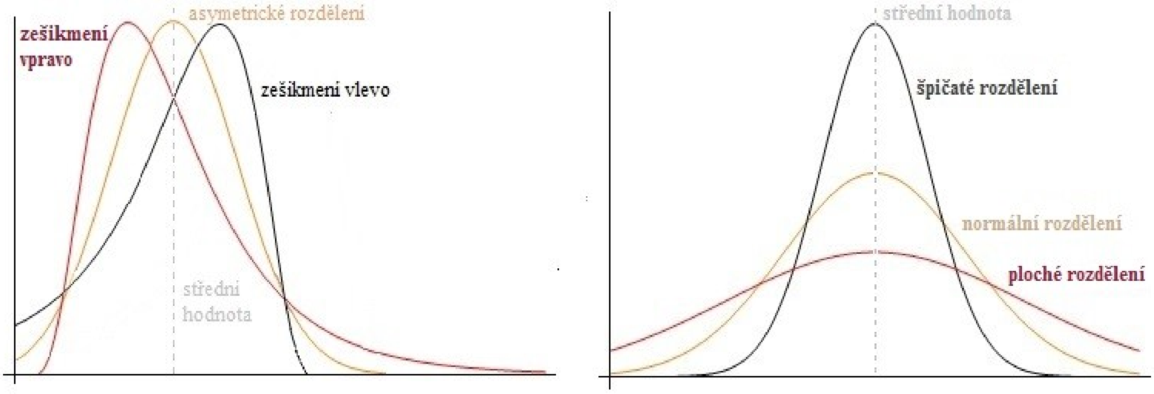
Výsledné efekty jednotlivých hedgingových strategií, které jsou vypočtené v předešlých podkapitolách, jsou vyhodnoceny dle vybraných kritérií, a to:

- **nejhorší výsledek** udává nejhorší dosaženou hodnotu výsledného efektu dané strategie,

- **nejlepší výsledek** označuje maximální dosaženou hodnotu v rámci výsledného efektu určité strategie,
- **střední hodnota** vyjadřuje průměrnou hodnotu výsledného efektu,
- **směrodatná odchylka** charakterizuje rozptýlenost jednotlivých hodnot efektu od střední hodnoty efektu, tedy vypovídá o tom, jak se hodnoty od této střední hodnoty liší. Směrodatná odchylka také udává rizikovost dané strategie,
- **medián** dělí soubor hodnot na dvě stejně velké části, přičemž platí, že nejméně 50 % hodnot je menších nebo rovných a nejméně 50 % hodnot větších nebo rovných mediánu. Výhodou mediánu je, že na rozdíl od střední hodnoty není ovlivněn extrémními hodnotami,
- **šikmost** je koeficient asymetrie a vyjadřuje, do jaké míry a na kterou stranu je rozložení zešikmeno, nebo jestli je symetrické. Je-li pravděpodobnostní rozdělení zešikmené doleva, nabývá parametr záporných hodnot a je-li zešikmené doprava, je parametr kladný. Nulová šikmost potom znamená symetrické rozdělení, tzn., že hodnoty vykazují normální rozdělení kolem střední hodnoty, viz Obr. 4.20 a),
- **špičatost** popisuje plochost či špičatost rozdělení hodnot v porovnání s normálním rozdělením, pro které tento parametr dosahuje hodnoty. Je-li koeficient špičatosti větší než 3, tak hodnoty jsou soustředěny blíže kolem střední hodnoty a rozdělení pravděpodobnosti je špičatější nežli normální rozdělení. Naopak je-li koeficient špičatosti menší než 3, hodnoty jsou vzdálenější od středu a rozdělení pravděpodobnosti je plošší. Situace je znázorněna na Obr. 4.20 b).

Obr. 4.21 Koeficient špičatosti a) a koeficient šikmosti b)

a) b)



Vyhodnocení výsledků na základě GB procesu

V Tab. 4.3 jsou uvedeny výsledné hodnoty zvolených kritérií všech použitých hedgingových strategií pro GB proces, přičemž tyto výsledky jsou zobrazeny pro nejvyšší počítaný počet náhodných scénářů, tedy 1 000 000. S růstem počtu náhodných scénářů by mělo docházet k růstu pravděpodobnosti správnosti dosažených výsledků v budoucnosti. Aplikovaným strategiím jsou v rámci každého kritéria přidělena čísla od 1 do 14, která udávají jejich pořadí, přičemž číslo 1 vyjadřuje nejlepší umístění a číslo 14 nejhorší. Výsledné efekty jednotlivých kritérií jsou kromě šikmosti a špičatosti vyjádřeny v CZK.

Tab. 4.3 Vyhodnocení úspěšnosti hedgingových strategií dle kritérií v případě GB proces

Strategie/ Kritérium	%	Nejhorší výsledek	Nejlepší výsledek	Střední hodnota	Směrodatná odchylka	Medián	Šikmost	Špičatost
Pasivní strategie	100	12 191 626	15 207 776	13 747 853	303 857	13 744 216	0,06598	3,00980
		11	**6**	**3**	**6**	**1**	**7**	**7**
Short forward	100	13 740 870	13 740 870	13 740 870	0	13 740 870	0	0
		1	**11**	**10**	**1**	**5**	**–**	**–**
Long put opce	100	13 619 673	15 086 579	13 744 331	182 099	13 623 019	1,65635	5,51728
		2	**7**	**6**	**5**	**8**	**2**	**3**
Long straddle	100	13 498 476	16 432 289	13 747 792	364 198	13 505 168	1,65635	5,51728
		5	**2**	**4**	**10**	**10**	**2**	**3**
Long strip	100	13 377 280	16 311 092	13 744 270	322 171	13 657 185	1,54219	5,97318
		6	**4**	**7**	**8**	**7**	**5**	**1**
Long strap	100	13 377 280	17 777 998	13 751 253	546 296	13 387 316	1,65635	5,51728
		6	**1**	**1**	**11**	**11**	**2**	**3**
Long strangle	100	13 304 152	16 237 964	13 747 935	318 829	13 719 724	1,00586	4,94723
		9	**5**	**2**	**7**	**6**	**6**	**6**
Short range forward	100	13 498 491	16 432 233	13 474 792	364 160	13 505 721	1,65662	5,51836
		4	**3**	**11**	**9**	**9**	**1**	**2**
Forward/ nezajištění	90/ 10	13 585 946	13 887 531	13 741 568	30 386	13 741 205	0,0660	3,00980
		3	**10**	**9**	**2**	**4**	**7**	**7**
	75/ 25	13 353 559	14 107 597	13 742 616	75 964	13 741 707	0,06598	3,00980
		8	**9**	**8**	**3**	**3**	**7**	**7**
	50/ 50	12 966 248	14 474 323	13 744 361	151 929	13 742 543	0,06598	3,00980
		10	**8**	**5**	**4**	**2**	**7**	**7**

Na základě hodnot uvedených v Tab. 4.3 lze konstatovat, že u prvního srovnávaného kritéria **nejhorší výsledek** dosahuje nejlepší hodnoty 13 740 870 CZK zajištění měnovým forwardem, následuje zajištění put opcí s minimem v částce 13 619 673 CZK. Na třetím místě se umístila strategie částečného zajištění (α = 90 %) s minimální hodnotou 13 585 946 CZK.

Nejhorších výsledků u tohoto kritéria dosahuje pasivní strategie a částečné zajištění forwardem (α = 50 %).

U kritéria **nejlepší výsledek** vykazuje nejlepší hodnotu 17 777 998 CZK opční strategie long strap a na druhém místě se umístila long straddle s maximální hodnotou 16 432 289 CZK. Po ní by bylo vhodné zvolit zajištění short range forwardem, který dosáhl nejlepšího výsledku v částce 16 432 233 CZK. Na posledních místech v rámci tohoto kritéria se umístil short forward a poté částečné zajištění forwardem (α = 90 %).

Střední hodnota je další hledisko, podle kterého se lze rozhodnout o výběru správné hedgingové strategie. Všechny strategie vykazují velmi podobné střední hodnoty okolo částky 13,720 mil. CZK. Nejpříznivějšího výsledku dosahuje opět zajišťovací strategie long strap ve výši 13 751 253 CZK, následuje long strangle (13 747 935 CZK) a pasivní strategie (13 747 853 CZK).

V rámci kritéria **směrodatné odchylky** je jako nejméně rizikové zvoleno zajištění pomocí měnového forwardu, který vykazuje nulovou směrodatnou odchylku, z čehož plyne, že riziko je zcela eliminováno. Nízké hodnoty směrodatných odchylek vykazují varianty s částečným zajištěním forwardem, právě díky nulové hodnotě směrodatné odchylky tohoto derivátu. Strategie long strap, která se umístila na 1. místě u kritéria nejlepší výsledek, se jeví jako nejrizikovější, a to se směrodatnou odchylkou ve výši 546 296 CZK. Je to dáno tím, že strategie s vysokým výnosem je většinou spojena s vyšším rizikem a naopak.

Pro správnou volbu zajišťovací strategie se lze rozhodnout také na základě **mediánu**. Na prvním místě se umístila pasivní strategie a s 50 % pravděpodobností bude tedy výsledek z této strategie nižší, resp. vyšší než 13 744 216 CZK. Další pozici obsadilo částečné zajištění (α = 50 %) s mediánem ve výši 13 742 543 CZ. Nejhorších výsledků dosahuje long strap a long straddle.

V případě **šikmosti** jsou požadovány co nejvyšší kladné hodnoty, které značí zešikmení doprava. Nejlepšího výsledku dosahuje hedgingová strategie short range forward, která vykazuje největší zešikmení doprava. Z Tab 4.3 je patrné, že následuje strategie s put opcí, long straddle a long strap, které se umístily všechny na druhém místě. U částečného zajištění forwardem pro všechny varianty a pasivní strategie dosahuje koeficient šikmosti stejné hodnoty a to z důvodu, že pro měnový forward nelze tento parametr určit. Z toho plyne, že tyto strategie dosahují stejného výsledku, který vykazuje téměř normální rozdělení kolem střední hodnoty.

Posledním hodnotícím kritériem je koeficient **špičatosti**, u kterého je požadována nejvyšší hodnota. Nejlepší výsledek vykazuje strategie long strip, dále short range forward a na třetím místě je put opce společně se strategiemi long straddle a long strap. Tyto výsledky vypovídají o vysoké soustředěnosti hodnot kolem středu. Tak jako u šikmosti, varianty částečného zajištění forwardem a pasivní strategie dosahují totožných výsledků.

Vyhodnocení výsledků na základě VG procesu

Výsledné hodnoty vybraných kritérií všech aplikovaných zajišťovacích strategií pro VG proces jsou uvedeny v Tab. 4.4. Tyto efekty jsou opět pro 1 000 000 scénářů a také je jim přirazeno pořadí od 1 do 14.

Tab. 4.4 Vyhodnocení úspěšnosti hedgingových strategií dle kritérií v případě VG procesu

Strategie/ Kritérium	%	Nejhorší výsledek	Nejlepší výsledek	Střední hodnota	Směrodatná odchylka	Medián	Šikmost	Špičatost
Pasivní strategie	100	5 546 663	41 331 224	13 834 279	1 096 623	13 742 578	1,7144	18,1198
		11	**5**	**7**	**7**	**3**	**7**	**7**
Short forward	100	13 740 870	13 740 870	13 740 870	0	13 740 870	0	0
		2	**11**	**11**	**1**	**7**	**–**	**–**
Long put opce	100	13 980 769	41 210 769	13 980 769	828 461	13 621 381	4,7775	42,1004
		1	**6**	**6**	**5**	**9**	**2**	**2**
Long straddle	100	13 498 476	68 679 184	14 220 667	1 656 922	13 501 891	4,7775	42,1004
		4	**2**	**3**	**10**	**10**	**2**	**2**
Long strip	100	13 377 280	68 557 987	14 367 157	1 637 378	13 793 652	4,5642	41,1363
		5	**3**	**2**	**9**	**2**	**5**	**5**
Long strap	100	13 377 280	96 148 341	14 460 566	2 485 383	13 382 402	4,7775	42,1004
		5	**1**	**1**	**11**	**11**	**2**	**2**
Long strangle	100	13 304 152	68 484 860	14 185 700	1 602 819	13 718 086	5,0077	46,0147
		7	**4**	**4**	**8**	**8**	**1**	**1**
Short range forward	100	13 506 330	41 092 730	14 131 273	902 871	13 801 477	3,5747	27,6509
		3	**7**	**5**	**6**	**1**	**6**	**6**
Forward/ nezajištění	90/ 10	12 921 450	16 499 906	13 750 211	109 632	13 741 041	1,7144	18,1198
		8	**10**	**10**	**2**	**6**	**7**	**7**
	75/ 25	11 962 318	20 638 459	13 764 222	274 081	13 741 297	1,7144	18,1198
		9	**9**	**9**	**3**	**5**	**9**	**7**
	50/ 50	9 643 767	27 536 047	13 787 575	548 162	13 741 724	1,7144	18,1198
		10	**8**	**8**	**4**	**4**	**9**	**7**

Z Tab. 4.4 lze usoudit, že v rámci prvního hodnotícího kritéria, tedy **nejhorší výsledek**, zvítězilo zajištění put opcí s minimální hodnotou 13 980 769 CZK, poté forwardem s efektem 13 740 870 CZK. Tyto dvě strategie si přehodily pořadí oproti GB procesu. Následuje strategie short range forwardu s minimem v částce 13 506 330 CZK. Nejhorších výsledků, tak jako u GB procesu, dosahuje pasivní strategie a strategie částečného zajištění, kde se snižujícím se procentem zajištění dochází k poklesu hodnoty.

U VG procesu došlo u všech strategií k výraznému nárůstu hodnot u kritéria **nejlepší výsledek**. Nejvyšší efekt dosahuje strategie long strap (96 148 341 CZK), následně long straddle (68 679 184 CZK) a long strip (68 557 987 CZK). Nejhůře se umístil měnový forward.

V případě **střední hodnoty** se výsledné efekty u opčních strategií pohybují v průměru kolem hodnoty 14,020 mil CZK. Nejlepší výsledek vykazuje opět strategie long strap s průměrnou výnosností ve výši 14 460 566 CZK. Na rozdíl od GB procesu se na druhém místě místo long strangle umístila strategie long strip následována strategií long straddle. U tohoto kritéria došlo ve všech případech k mírnému navýšení střední hodnoty. Nejhorší výsledek vykazuje short range forward.

Z Tab. 4.4 lze určit, že jako nejvíce riziková se opět jeví strategie long strap se **směrodatnou odchylkou** 2 485 383 CZK. Rozdíl oproti GB procesu spočívá v tom, že výsledek dle VG procesu je 4,5 krát rizikovější. Nejméně rizikovou strategií je opět zajištění měnovým forwardem s nulovou směrodatnou odchylkou, poté následuje částečné zajištění forwardem, kde postupně s klesajícím procentem zajišťované devizové pozice roste riziko. K celkovému nárůstu rizika, oproti variantě s GB procesem, došlo u všech strategií, zároveň však došlo k zvýšení efektů u nejlepšího výsledku, jak už bylo zmíněno.

Co se týče kritéria medián, nejpříznivější hodnoty dosahuje short range forward (13 801 477 CZK), dále long strip (13 793 652 CZK) a pasivní strategie (13 742 578 CZK).

U **šikmosti** a **špičatosti** došlo ke zlepšení a zpřesnění výsledků, a to z toho důvodu, že VG proces slouží právě k modelování těchto momentů pravděpodobnostního rozdělení. Na prvním místě se v rámci obou kritérií umístila opční strategie long strangle, která je charakteristická největším zešikmením vpravo a nejvyšší koncentrací hodnot kolem střední hodnoty. Následují strategie long straddle, long strap a put opce. U pasivní strategie i částečného zajištění forwardem pro všechny varianty došlo k mírnému odchýlení od normálního rozdělení ke kladným hodnotám a vyšší soustředěnosti hodnot kolem střední hodnoty.

Souhrn

Z porovnání výsledků uvedených v Tab. 4.3 a 4.4 lze říci, že pokud se uvažuje s vývojem měnového kurzu dle VG procesu, tak je u všech aplikovaných strategií dosaženo výrazně vyšších hodnot u kritéria nejlepší výsledek, došlo také k mírnému nárůstu hodnot u střední hodnoty, což je však doprovázeno velkým zvýšením rizika. Je potřeba opět zdůraznit, že VG proces umožňuje vystižení vyšších momentů pravděpodobnostního rozdělení, jako je šikmost a špičatost, na rozdíl od GB procesu, který umožňuje pouze modelování prvních dvou momentů, tedy střední hodnoty a rozptylu, resp. směrodatné odchylky. Proto by měly být výsledky na bázi VG procesu u šikmosti a špičatosti přesnější. Zatímco k simulaci měnového kurzu je využit jak GB proces, tak i VG proces, ocenění měnových opcí je provedeno pouze na bázi GB procesu, který je východiskem BS modelu.

4.8.2 Vyhodnocení dle počátečních nákladů

Výše počátečních nákladů patří mezi důležitá kritéria, které společnost bude zajisté zohledňovat při výběru vhodné zajišťovací strategie, neboť cílem vybrané společnosti stejně jako většiny firem je snaha minimalizovat své náklady, a to včetně nákladů na zajištění měnového rizika. V rámci tohoto hodnocení se pro společnost jeví jako nejvhodnější zajišťovací strategie měnový forward, kde náklady na pořízení jsou nulové, a dále strategie range forward, která je zkonstruována tak, aby se cena nakoupené put opce a prodané call opce rovnaly a tudíž se navzájem vykompenzovaly. Také pasivní zajištění, které neeliminuje měnové riziko, nepřináší žádné počáteční náklady, avšak zde nelze hovořit o zajištění. Dále při částečném zajištění forwardem nejsou vyžadovány počáteční náklady. Pro společnost představují nejlepší volbu zajištění při preferenci nulových nákladů měnový forward, short range forward a částečné zajištění forwardem. U ostatních strategií se již vyskytují vstupní náklady, a to v podobě zaplacených opčních prémií, viz Tab. 4.5.

Tab. 4.5 Počáteční náklady vybraných strategií (v CZK)

Strategie	Long put opce	Long straddle	Long strip	Long strap	Long strangle
Náklady	121 167,5	242 335	363 502,5	363 502,5	24 486,05

4.8.3 Vyhodnocení dle vztahu výnos – riziko

Dalším hlediskem při rozhodování o vhodnosti hedgingové strategie může být vztah mezi výnosem a rizikem, přičemž společnost bude upřednostňovat strategii s co nejvyšším výnosem při co nejnižším možném riziku. Ve skutečnosti však vyšší riziko sebou nese i vyšší výnos a naopak.

Za předpokladu, že výnos je reprezentován střední hodnotou a riziko směrodatnou odchylkou, jejich kombinace jsou shrnuty v Tab. 4.3 a Tab. 4.4. Jako vhodné se jeví zajištění pomocí měnového forwardu, který přináší nejvyšší možný výnos při nulovém riziku. Jestliže je společnost ochotna podstoupit určitou míru rizika, bude preferovat všechny varianty částečného zajištění forwardem, u kterých je v porovnání s ostatními zbylými strategiemi dosaženo příznivého poměru mezi rizikem a výnosem u obou procesů. U VG procesu si lze v Tab. 4.4 povšimnout, že dochází k značnému nárůstu rizika u většiny strategií. Tento růst je však mírně vyrovnán růstem střední hodnoty.

4.8.4 Vyhodnocení dle postoje investora k riziku

Každý investor vnímá riziko jinak a zaujímá k němu jiný postoj, proto lze rozlišit tři typy investorů vzhledem k jejich vztahu k riziku. Prvním typem je investor se sklonem k riziku, který je ochoten akceptovat vysoké riziko avšak za podmínky dosažení vyššího výnosu. Druhým typem je investor s neutrálním postojem k riziku, který při výběru vhodné zajišťovací strategie riziko nezohledňuje. Posledním typem je investor s averzí k riziku, jež se vyhýbá rizikovým variantám a volí varianty s nízkým rizikem, preferuje tedy jistý, i když pravděpodobně nižší, avšak pro něj přijatelný výnos.

Investor se sklonem k riziku bez ohledu na variantu procesu by jednoznačně preferoval jako nejvhodnější strategii opční strategii long strap, u které bylo dosaženo nejvyššího rizika spolu s nejvyšším výnosem. Poté by volil strategie long straddle, long strip u VG procesu. V případě varianty GB procesu by pro investora byla atraktivní spíše strategie long straddle nebo short range forward.

Pro investora s averzí k riziku se jako nejvhodnější jeví zajištění měnovým forwardem, neboť směrodatná odchylka se rovná nule, a to v případě obou procesů. Nižšího rizika také dosahují všechny tři varianty částečného zajištění forwardem.

4.8.5 Vyhodnocení dle zohlednění všech kritérií

Při výběru nejvhodnější hedgingové strategie je pro společnost důležité komplexní posouzení všech hodnotících kritérií.

Cílem diplomové práce je zajištění měnového rizika, prvotním záměrem je tedy ochrana budoucích peněžních toků proti riziku volatility devizového kurzu a nikoliv potřeba uskutečňovat dodatečné cash flow. Bude se tedy především sledovat rizikovost dané strategie. Dále je zejména potřeba přihlédnout k počátečním nákladům, které by měly být co nejnižší, a k průměrnému výnosu. Ostatní kritéria nebudou však v celkovém hodnocení opomenuta, ale nebude jim přisouzena taková váha.

V případě obou variant procesů se jako nejlepší strategie jeví měnový forward, u něhož je riziko zcela eliminováno. Navíc má nulové počáteční náklady a má dobré umístění v rámci nejhoršího výsledku a mediánu. V případě všech variant částečného zajištění je nízké riziko s nulovými náklady, avšak u ostatních kritérií výsledky nejsou příliš příznivé. Proto je jako další optimální strategie zvolena strategie long strangle v případě GB procesu a strategie s put opcí u VG procesu. Obě strategie sice nemají nulové počáteční náklady, ale dosahují velice uspokojivé výsledky. U GB procesu dále nejlépe vychází zajištění put opcí. U varianty s VG procesem je další vhodná strategie short range forward, který nemá žádné požadavky na vstupní kapitál.

5 Závěr

Hedging neboli zajištění je jednou z možností eliminace finančních rizik. Princip hedgingu spočívá v sestavení hedgingového portfolia skládajícího se z rizikového aktiva či portfolia rizikových aktiv a jednoho nebo více finančních derivátů. Toto portfolio je zajištěno proti pohybu rizikových faktorů, což znamená, že jeho výnos bude vůči těmto změnám podle možností co nejvíce imunní.

Cílem diplomové práce bylo navržení strategií vhodných pro zajištění měnového rizika ve vybraném podniku, kterým byla společnost APRI s.r.o., pomocí využití finančních derivátů.

Diplomová práce byla strukturována do tří hlavních částí, přičemž teoretická východiska byly obsahem druhé a třetí kapitoly, které potom byly uvedeny do praxe ve čtvrté kapitole.

V druhé kapitole bylo definováno finanční riziko, které lze rozčlenit do 5 hlavních kategorií. Poté byly uvedeny metody hedgingu a jejich rozdělení dle různých hledisek. Hlavní náplní této kapitoly byla charakteristika finančních derivátů, které byly využity k zajištění v praktické části. V závěru byly představeny typy podkladových procesů, na jejichž základě lze simulovat budoucí vývoj finančních aktiv. Největší důraz je přitom kladen na geometrický Brownův proces a Variance gama proces.

V následující kapitole byly nejprve vysvětleny základní pojmy vztahující se k měnovému riziku a přiblíženy základní přístupy k zajištění měnového rizika, konkrétně interní a externí metody. Došlo také k vymezení několika důvodů hedgingu. Dále byly blíže specifikovány vybrané metody zajištění měnového rizika společně s postupem jejich ocenění, konkrétně měnového forwardu, měnových opcí a range forwardu.

Ve čtvrté kapitole bylo využito teoretických poznatků z předchozích kapitol. Po stručném představení společnosti Apri byly shrnuty vstupní údaje a naformulován konkrétní případ, ve kterém by společnost zajišťovala svou devizovou pozici na jeden měsíc. Dále byly nasimulovány budoucí měnové kurzy na bázi geometrického Brownova procesu a Variance gama procesu pro 10^k scénářů, kde $k = <1,2,\ldots,6>$. K této simulaci bylo ještě nejprve potřeba zjistit historickou časovou řadu denních kurzů a dopočítat potřebné charakteristiky.

Poté již následovalo zajištění pomocí zvolených hedgingových strategií, přičemž byly vždy nejprve stanoveny základní parametry pro ocenění a poté samotná cena derivátu, přitom veškeré výpočty byly realizovány v programu Mathematica 9 společnosti Wolfam Research. Nakonec byl zobrazen histogram výsledného efektu jednotlivých strategií pro 10 000 náhodných scénářů a to pro obě varianty podkladového procesu. Ocenění opcí však bylo provedeno pomocí Blackova a Scholesova modelu, který vychází z geometrického Brownova procesu.

Dále bylo provedeno vyhodnocení výsledných efektů jednotlivých hedgingových strategií pro 1 000 000 scénářů dle zvolených kritérií (nejhorší výsledek, nejlepší výsledek, střední hodnota, směrodatná odchylka, medián, šikmost a špičatost) a podle úspěšnosti jim bylo přiřazeno číslo. Dalším krokem bylo vyhodnocení strategií dle počátečních nákladů a jako nejvhodnější strategie se jeví měnový forward společně se short range forwardem, neboť mají nulové počáteční náklady. Také částečné zajištění forwardem pro všechny varianty nese nulové náklady. Při rozhodování na základě vztahu výnos a riziko bylo nejlepšího výsledku dosaženo u měnového forwardu, který vykazuje nejvyšší výnos při nulovém riziku. Dobrých výsledků dosáhly také všechny varianty částečného zajištění. Při vyhodnocení z pohledu postoje investora k riziku, kdy risk management společnosti je averzní k riziku, by bylo pro společnost nejvhodnější využít zajištění pomocí měnového forwardu. Naopak pokud by společnost chtěla zariskovat, využila by opční strategii long strap, která je sice nejvíce riziková, ale přináší i nejvyšší výnos. Uvedené výsledky se shodují pro oba typy podkladových procesů. Závěrečné zhodnocení bylo provedeno na základě všech jmenovaných kritérií a nejvhodnější strategií pro vybranou společnost by byl měnový forward. Ve variantě s GB procesem by to dále byl long strangle a put opce a v případě VG procesu put opce s short range forwardem.

Na základě všech uvedených vyhodnocení dle zvolených kritérií lze říci, že typ podkladového procesu nemá zásadní vliv na volbu optimální zajišťovací strategie, avšak varianta s VG procesem by měla dosahovat přesnějších výsledků díky možnosti modelování vyšších momentů pravděpodobnostního rozdělení, což se projevilo zejména u nejhoršího a nejlepšího dosaženého výsledku u jednotlivých strategií.

Seznam použité literatury

Knižní publikace

[1] AMBROŽ, Luděk. *Oceňování opcí.* 1. vyd. Praha: C. H. Beck, 2002. 313 s. ISBN 80-7179-531-3.

[2] BLAHA, Zdeněk S. a Irena JINDŘICHOVSKÁ. *Opce, swapy a futures – deriváty finančního trhu.* 2. rozš. vyd. Praha: Management Press, 1997. 208 s. ISBN 80-85943-29-8.

[3] DLUHOŠOVÁ, Dana a kol. *Finanční řízení a rozhodování podniku*. 3. upr. vyd. Praha: Ekopress, 2010. 225 s. ISBN 978-80-86929-68-2.

[4] DUBOFSKY, David A. a Thomas W. MILLER. *Derivates. Valuation and Risk Management.* 1st ed. New York: Oxford Univestity Press, 2003. 646 p. ISBN 0-19-511470-1.

[5] DURČÁKOVÁ, Jaroslava a Martin MANDEL. *Mezinárodní finance*. 4. aktual. a dopl. vyd. Praha: Management Press. 2010. 494 s. ISBN 978-80-7261-221-5.

[6] DVOŘÁK, Petr. *Finanční deriváty.* 2. vyd. VŠE Praha, 1996. 217 s. ISBN 80-7079-139-X.

[7] HULL, John C. *Options, Futures and Other Derivates*. 7th ed. New Jersey: Prentice Hall, 2009. 814 p. ISBN 13 978-0-13-5009994-9.

[8] JÍLEK, Josef. *Finanční rizika.* 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2000. 635 s. ISBN 80-7169-579-3.

[9] JÍLEK, Josef. *Finanční a komoditní deriváty.* 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2002. 624 s. ISBN 80-247-0342-4.

[10] JÍLEK, Josef. *Finanční a komoditní deriváty v praxi.* 2. upr. vyd. Praha: Grada Publishing, 2010. 632 s. ISBN 978-80-247-3696-9.

[11] STULZ, René M. *Risk Management & Derivates*. 1st ed. Mason: Thomson, 2003. 676 p. ISBN 0-538-86101-0.

[12] TICHÝ, Tomáš. *Finanční deriváty – typologie finančních derivátů, podkladové procesy, oceňovací modely.* 1. vyd. VŠB-TU Ostrava, 2006. 172 s. IBSN 80-248-1180-4.

[13] TICHÝ, Tomáš. *Simulace Monte Carlo ve Financích: Aplikace při ocenění jednoduchých opcí.* 1. vyd. VŠB-TU Ostrava, 2010. 216 s. IBSN 978-80-248-2352-2.

[14] TICHÝ, Tomáš. *Lévy Processes in Finance: Selected applications with theoretical backround*. VŠB-TU Ostrava, 2011. 173 p. 978-80-248-2536-6

[15] ZMEŠKAL, Zdeněk; ČULÍK, Miroslav a Tomáš TICHÝ. *Finanční rozhodování za rizika: sbírka řešených příkladů.* 2. vyd. VŠB-TU Ostrava, 2005. 149 s. IBSN 80-248-0840-4.

[16] ZMEŠKAL, Zdeněk; DLUHOŠOVÁ Dana a Tomáš TICHÝ. *Finanční modely.* 3. přeprac. a rozš. vyd. Praha: Ekopress, 2013. 269 s. ISBN 978-80-86929-91-0.

Články

[1] TICHÝ, Tomáš. Posouzení metody částečného hedgingu na případu řízení měnového rizika nefinanční instituce. *Ekonomická revue.* 2009, roč. 12, č. 2, s. 69-81. ISSN 1212-3951.

[2] TICHÝ, Tomáš. Posouzení odhadu měnového rizika pomocí Lévyho modelů. *Politická ekonomie*. 2010, roč. 58, č. 4, s. 504-521. ISSN 0032-3233.

[3] ZMEŠKAL, Zdeněk. Přístupy k eliminaci finančních rizik na bázi finančních hedgingových strategií. *Finance a úvěr – Czech Journal of Economics and Finance*. 2004, roč. 54, č. 1-2, s. 50-63. ISSN 0015-1920.

Internetové zdroje – podívat se jeslti tam má byt CIT.

[1] ČESKÁ NÁRODNÍ BANKA. *ČNB: Vybrané devizové kurzy* [online]. [12. 1. 2014] Dostupné z: http://www.cnb.cz/cs/financni_trhy/devizovy_trh/kurzy_devizoveho_trhu/vybrane _form. jsp

[2] ČESKÁ NÁRODNÍ BANKA. *ČNB: Sazby PRIBOR - měsíční a roční průměry* [online]. [22. 1. 2014] Dostupné z: http://www.cnb.cz/cs/financni_trhy/penezni_trh/pribor/prumerne.jsp?year=2013&show=Spustit+sestavu

[3] EURIBOR-EBF. *Euribor rates* [online]. [22. 1. 2014] Dostupné z: http://www.euribor-ebf.eu/euribor-org/euribor-rates.html

[4] JUSTICE. *Výroční zpráva 2012 APRI s.r.o.* [online]. [15. 12. 2013] Dostupné z: https://or.justice.cz/ias/ui/vypis-sl?subjektId=isor%3a154713&dokumentId=C+1274%2fSL17%40KSOS&klic=agqy68

Seznam zkratek

ATM	at the money (na pěnězích)
BS model	Blackův a Scholesův model
BSM PDE	Blackova, Scholesova a Mertonova parciální diferenciální rovnice
CZK	česká koruna
ČNB	Česká národní banka
EUR	euro
GB proces	geometrický Brownův proces
ITM	in the money (v penězích)
OTC	over the counter (mimoburzovní trh)
OTM	out of the money (mimo peníze)
Obr.	obrázek
SDE	stochastická diferenciální rovnice
Tab.	tabulka
VG proces	Variance gama proces

Prohlášení o využití výsledků diplomové práce

Prohlašuji, že

- jsem byla seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díl a školního a § 60 – školní dílo;
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, diplomovou práci užít (§ 35 odst.3);
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě archivována v Ústřední knihovně VŠB-TUO a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že bibliografické údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO;
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- bylo sjednáno, že užít své dílo, diplomovou práci, nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne 25. dubna 2014

Markéta Veselá

Markéta Veselá

Seznam příloh

Příloha 1/1

Historický vývoj kurzu CZK/EUR

Datum	Kurz	Datum	Kurz	Datum	Kurz	Datum	Kurz	Datum	Kurz
02.01.2008	26,36	05.03.2008	25,05	12.05.2008	24,95	14.07.2008	23,31	15.09.2008	24,30
03.01.2008	26,17	06.03.2008	25,13	13.05.2008	24,94	15.07.2008	23,38	16.09.2008	24,07
04.01.2008	26,13	07.03.2008	25,16	14.05.2008	25,03	16.07.2008	23,22	17.09.2008	23,99
07.01.2008	26,14	10.03.2008	25,04	15.05.2008	25,04	17.07.2008	23,14	18.09.2008	23,97
08.01.2008	26,13	11.03.2008	25,13	16.05.2008	24,98	18.07.2008	23,07	19.09.2008	24,25
09.01.2008	25,99	12.03.2008	25,07	19.05.2008	25,06	21.07.2008	22,97	22.09.2008	24,08
10.01.2008	25,86	13.03.2008	25,12	20.05.2008	25,07	22.07.2008	23,02	23.09.2008	24,14
11.01.2008	25,91	14.03.2008	25,04	21.05.2008	25,09	23.07.2008	23,76	24.09.2008	24,35
14.01.2008	25,87	17.03.2008	25,02	22.05.2008	25,15	24.07.2008	23,59	25.09.2008	24,43
15.01.2008	25,90	18.03.2008	25,26	23.05.2008	25,10	25.07.2008	23,60	26.09.2008	24,43
16.01.2008	26,05	19.03.2008	25,46	26.05.2008	25,09	28.07.2008	23,70	29.09.2008	24,61
17.01.2008	26,13	20.03.2008	25,50	27.05.2008	25,15	29.07.2008	23,72	30.09.2008	24,67
18.01.2008	26,13	21.03.2008	25,45	28.05.2008	25,23	30.07.2008	23,94	01.10.2008	24,51
21.01.2008	26,32	25.03.2008	25,46	29.05.2008	25,06	31.07.2008	23,95	02.10.2008	24,75
22.01.2008	26,21	26.03.2008	25,60	30.05.2008	25,09	01.08.2008	24,00	03.10.2008	24,79
23.01.2008	26,07	27.03.2008	25,38	02.06.2008	25,02	04.08.2008	23,99	06.10.2008	24,68
24.01.2008	25,98	28.03.2008	25,25	03.06.2008	24,84	05.08.2008	23,93	07.10.2008	24,48
25.01.2008	25,91	31.03.2008	25,34	04.06.2008	24,67	06.08.2008	23,98	08.10.2008	24,55
28.01.2008	25,89	01.04.2008	25,19	05.06.2008	24,57	07.08.2008	24,11	09.10.2008	24,68
29.01.2008	25,91	02.04.2008	25,07	06.06.2008	24,59	08.08.2008	24,21	10.10.2008	24,94
30.01.2008	26,02	03.04.2008	24,96	09.06.2008	24,66	11.08.2008	24,10	13.10.2008	24,66
31.01.2008	26,07	04.04.2008	25,05	10.06.2008	24,43	12.08.2008	23,96	14.10.2008	24,61
01.02.2008	25,87	07.04.2008	25,02	11.06.2008	24,39	13.08.2008	23,94	15.10.2008	24,76
04.02.2008	25,75	08.04.2008	24,99	12.06.2008	24,32	14.08.2008	24,35	16.10.2008	24,82
05.02.2008	25,67	09.04.2008	25,11	13.06.2008	24,20	15.08.2008	24,49	17.10.2008	25,23
06.02.2008	25,63	10.04.2008	25,15	16.06.2008	24,21	18.08.2008	24,52	20.10.2008	25,00
07.02.2008	25,63	11.04.2008	25,02	17.06.2008	24,20	19.08.2008	24,40	21.10.2008	25,32
08.02.2008	25,66	14.04.2008	24,94	18.06.2008	24,00	20.08.2008	24,41	22.10.2008	25,49
11.02.2008	25,65	15.04.2008	24,82	19.06.2008	24,11	21.08.2008	24,38	23.10.2008	25,80
12.02.2008	25,61	16.04.2008	24,85	20.06.2008	24,17	22.08.2008	24,37	24.10.2008	25,00
13.02.2008	25,48	17.04.2008	24,98	23.06.2008	24,13	25.08.2008	24,40	27.10.2008	24,68
14.02.2008	25,34	18.04.2008	25,12	24.06.2008	24,08	26.08.2008	24,53	29.10.2008	23,88
15.02.2008	25,23	21.04.2008	25,09	25.06.2008	24,07	27.08.2008	24,54	30.10.2008	24,48
18.02.2008	25,24	22.04.2008	25,06	26.06.2008	24,09	28.08.2008	24,70	31.10.2008	24,23
19.02.2008	25,32	23.04.2008	25,07	27.06.2008	24,00	29.08.2008	24,74	03.11.2008	24,29
20.02.2008	25,31	24.04.2008	25,13	30.06.2008	23,90	01.09.2008	24,80	04.11.2008	24,16
21.02.2008	25,09	25.04.2008	25,26	01.07.2008	23,83	02.09.2008	24,85	05.11.2008	24,31
22.02.2008	25,04	28.04.2008	25,17	02.07.2008	23,87	03.09.2008	24,80	06.11.2008	24,89
25.02.2008	24,99	29.04.2008	25,25	03.07.2008	23,82	04.09.2008	24,79	07.11.2008	25,11
26.02.2008	25,02	30.04.2008	25,21	04.07.2008	23,70	05.09.2008	24,82	10.11.2008	25,27
27.02.2008	25,05	02.05.2008	25,26	07.07.2008	23,55	08.09.2008	24,94	11.11.2008	25,34
28.02.2008	25,15	05.05.2008	25,23	08.07.2008	23,61	09.09.2008	24,77	12.11.2008	25,42
29.02.2008	25,22	06.05.2008	25,18	09.07.2008	23,49	10.09.2008	24,85	13.11.2008	25,28
03.03.2008	25,07	07.05.2008	25,14	10.07.2008	23,47	11.09.2008	24,63	14.11.2008	25,37
04.03.2008	24,92	09.05.2008	25,15	11.07.2008	23,52	12.09.2008	24,43	18.11.2008	25,70

Příloha 1/2

Datum	Kurz	Datum	Kurz	Datum	Kurz	Datum	Kurz	Datum	Kurz
19.11.2008	25,72	27.01.2009	27,65	31.03.2009	27,38	05.06.2009	27,02	10.08.2009	25,69
20.11.2008	25,64	28.01.2009	27,36	01.04.2009	27,15	08.06.2009	27,00	11.08.2009	25,78
21.11.2008	25,70	29.01.2009	27,47	02.04.2009	26,89	09.06.2009	26,78	12.08.2009	25,78
24.11.2008	25,38	30.01.2009	27,87	03.04.2009	26,60	10.06.2009	26,74	13.08.2009	25,74
25.11.2008	25,45	02.02.2009	28,13	06.04.2009	26,56	11.06.2009	26,75	14.08.2009	25,74
26.11.2008	25,08	03.02.2009	28,41	07.04.2009	26,58	12.06.2009	26,65	17.08.2009	25,79
27.11.2008	25,17	04.02.2009	28,37	08.04.2009	26,59	15.06.2009	26,85	18.08.2009	25,56
28.11.2008	25,21	05.02.2009	28,25	09.04.2009	26,51	16.06.2009	26,78	19.08.2009	25,71
01.12.2008	25,61	06.02.2009	28,03	10.04.2009	26,44	17.06.2009	26,69	20.08.2009	25,59
02.12.2008	25,69	09.02.2009	27,77	14.04.2009	26,58	18.06.2009	26,64	21.08.2009	25,48
03.12.2008	25,65	10.02.2009	28,01	15.04.2009	26,88	19.06.2009	26,37	24.08.2009	25,45
04.12.2008	25,72	11.02.2009	28,59	16.04.2009	26,92	22.06.2009	26,02	25.08.2009	25,36
05.12.2008	25,77	12.02.2009	28,62	17.04.2009	26,80	23.06.2009	26,22	26.08.2009	25,41
08.12.2008	25,71	13.02.2009	28,58	20.04.2009	27,01	24.06.2009	26,17	27.08.2009	25,41
09.12.2008	25,75	16.02.2009	29,14	21.04.2009	27,03	25.06.2009	26,08	28.08.2009	25,42
10.12.2008	25,90	17.02.2009	29,47	22.04.2009	27,08	26.06.2009	26,00	31.08.2009	25,38
11.12.2008	25,97	18.02.2009	28,85	23.04.2009	26,84	29.06.2009	26,02	01.09.2009	25,57
12.12.2008	26,00	19.02.2009	28,60	24.04.2009	26,73	30.06.2009	25,89	02.09.2009	25,68
15.12.2008	26,16	20.02.2009	28,81	27.04.2009	26,64	01.07.2009	25,78	03.09.2009	25,62
16.12.2008	26,38	23.02.2009	28,45	28.04.2009	26,73	02.07.2009	25,78	04.09.2009	25,55
17.12.2008	26,25	24.02.2009	28,34	29.04.2009	26,72	03.07.2009	25,85	07.09.2009	25,49
18.12.2008	26,56	25.02.2009	28,35	30.04.2009	26,71	07.07.2009	25,89	08.09.2009	25,47
19.12.2008	26,30	26.02.2009	28,29	04.05.2009	26,64	08.07.2009	26,05	09.09.2009	25,53
22.12.2008	26,37	27.02.2009	28,13	05.05.2009	26,48	09.07.2009	25,94	10.09.2009	25,50
23.12.2008	26,32	02.03.2009	28,30	06.05.2009	26,80	10.07.2009	26,02	11.09.2009	25,49
29.12.2008	26,47	03.03.2009	27,96	07.05.2009	26,47	13.07.2009	26,03	14.09.2009	25,46
30.12.2008	26,63	04.03.2009	27,71	11.05.2009	26,76	14.07.2009	26,02	15.09.2009	25,33
31.12.2008	26,93	05.03.2009	27,75	12.05.2009	26,76	15.07.2009	25,89	16.09.2009	25,24
02.01.2009	26,83	06.03.2009	28,05	13.05.2009	26,78	16.07.2009	25,87	17.09.2009	25,10
05.01.2009	26,76	09.03.2009	27,64	14.05.2009	26,94	17.07.2009	25,94	18.09.2009	25,09
06.01.2009	26,41	10.03.2009	27,22	15.05.2009	27,03	20.07.2009	25,84	21.09.2009	25,17
07.01.2009	26,12	11.03.2009	26,96	18.05.2009	26,90	21.07.2009	25,82	22.09.2009	25,16
08.01.2009	26,19	12.03.2009	27,02	19.05.2009	26,69	22.07.2009	25,82	23.09.2009	25,24
09.01.2009	26,48	13.03.2009	26,59	20.05.2009	26,63	23.07.2009	25,63	24.09.2009	25,16
12.01.2009	26,58	16.03.2009	26,53	21.05.2009	26,73	24.07.2009	25,48	25.09.2009	25,18
13.01.2009	26,76	17.03.2009	26,50	22.05.2009	26,71	27.07.2009	25,52	29.09.2009	25,18
14.01.2009	26,93	18.03.2009	26,99	25.05.2009	26,70	28.07.2009	25,50	30.09.2009	25,17
15.01.2009	27,30	19.03.2009	26,79	26.05.2009	26,71	29.07.2009	25,54	01.10.2009	25,41
16.01.2009	27,16	20.03.2009	26,63	27.05.2009	26,73	30.07.2009	25,59	02.10.2009	25,45
19.01.2009	27,70	23.03.2009	26,83	28.05.2009	26,76	31.07.2009	25,58	05.10.2009	25,46
20.01.2009	27,91	24.03.2009	27,02	29.05.2009	26,83	03.08.2009	25,69	06.10.2009	25,54
21.01.2009	27,59	25.03.2009	27,30	01.06.2009	26,78	04.08.2009	25,88	07.10.2009	25,69
22.01.2009	27,69	26.03.2009	27,23	02.06.2009	26,83	05.08.2009	25,95	08.10.2009	25,77
23.01.2009	28,11	27.03.2009	27,21	03.06.2009	26,82	06.08.2009	25,95	09.10.2009	25,86
26.01.2009	27,70	30.03.2009	27,47	04.06.2009	26,93	07.08.2009	25,91	12.10.2009	25,82

Příloha 1/3

Datum	Kurz	Datum	Kurz	Datum	Kurz	Datum	Kurz	Datum	Kurz
13.10.2009	25,93	17.12.2009	26,13	23.02.2010	25,80	28.04.2010	25,57	30.06.2010	25,70
14.10.2009	25,88	18.12.2009	26,30	24.02.2010	25,88	29.04.2010	25,55	01.07.2010	25,76
15.10.2009	25,88	21.12.2009	26,36	25.02.2010	25,94	30.04.2010	25,58	02.07.2010	25,75
16.10.2009	25,78	22.12.2009	26,27	26.02.2010	25,97	03.05.2010	25,55	07.07.2010	25,55
19.10.2009	25,79	23.12.2009	26,40	01.03.2010	25,93	04.05.2010	25,71	08.07.2010	25,45
20.10.2009	25,72	28.12.2009	26,42	02.03.2010	25,77	05.05.2010	25,88	09.07.2010	25,36
21.10.2009	25,88	29.12.2009	26,41	03.03.2010	25,76	06.05.2010	26,02	12.07.2010	25,33
22.10.2009	25,92	30.12.2009	26,40	04.03.2010	25,82	07.05.2010	25,97	13.07.2010	25,35
23.10.2009	25,90	31.12.2009	26,47	05.03.2010	25,78	10.05.2010	25,61	14.07.2010	25,46
26.10.2009	25,90	04.01.2010	26,30	08.03.2010	25,58	11.05.2010	25,59	15.07.2010	25,47
27.10.2009	26,08	05.01.2010	26,23	09.03.2010	25,67	12.05.2010	25,39	16.07.2010	25,43
29.10.2009	26,48	06.01.2010	26,35	10.03.2010	25,62	13.05.2010	25,42	19.07.2010	25,43
30.10.2009	26,47	07.01.2010	26,37	11.03.2010	25,56	14.05.2010	25,47	20.07.2010	25,35
02.11.2009	26,46	08.01.2010	26,32	12.03.2010	25,52	17.05.2010	25,56	21.07.2010	25,35
03.11.2009	26,30	11.01.2010	26,20	15.03.2010	25,49	18.05.2010	25,47	22.07.2010	25,18
04.11.2009	26,09	12.01.2010	26,27	16.03.2010	25,50	19.05.2010	25,73	23.07.2010	25,18
05.11.2009	25,87	13.01.2010	26,17	17.03.2010	25,40	20.05.2010	25,92	26.07.2010	25,12
06.11.2009	25,68	14.01.2010	26,05	18.03.2010	25,29	21.05.2010	25,93	27.07.2010	25,09
09.11.2009	25,58	15.01.2010	25,94	19.03.2010	25,37	24.05.2010	25,66	28.07.2010	24,99
10.11.2009	25,53	18.01.2010	25,90	22.03.2010	25,47	25.05.2010	25,65	29.07.2010	24,75
11.11.2009	25,39	19.01.2010	25,91	23.03.2010	25,45	26.05.2010	25,56	30.07.2010	24,79
12.11.2009	25,51	20.01.2010	25,89	24.03.2010	25,38	27.05.2010	25,64	02.08.2010	24,69
13.11.2009	25,53	21.01.2010	25,98	25.03.2010	25,36	28.05.2010	25,78	03.08.2010	24,71
16.11.2009	25,50	22.01.2010	26,19	26.03.2010	25,42	31.05.2010	25,51	04.08.2010	24,74
18.11.2009	25,45	25.01.2010	26,01	29.03.2010	25,45	01.06.2010	25,64	05.08.2010	24,76
19.11.2009	25,59	26.01.2010	26,10	30.03.2010	25,44	02.06.2010	25,80	06.08.2010	24,76
20.11.2009	25,89	27.01.2010	26,12	31.03.2010	25,45	03.06.2010	25,76	09.08.2010	24,78
23.11.2009	25,84	28.01.2010	26,24	01.04.2010	25,39	04.06.2010	26,02	10.08.2010	24,78
24.11.2009	25,89	29.01.2010	26,23	02.04.2010	25,37	07.06.2010	25,89	11.08.2010	24,82
25.11.2009	25,97	01.02.2010	26,07	06.04.2010	25,30	08.06.2010	25,93	12.08.2010	24,89
26.11.2009	26,19	02.02.2010	26,00	07.04.2010	25,24	09.06.2010	25,90	13.08.2010	24,89
27.11.2009	26,19	03.02.2010	26,03	08.04.2010	25,19	10.06.2010	25,97	16.08.2010	24,86
30.11.2009	26,13	04.02.2010	26,12	09.04.2010	25,23	11.06.2010	25,70	17.08.2010	24,81
01.12.2009	25,96	05.02.2010	26,18	12.04.2010	25,15	14.06.2010	25,68	18.08.2010	24,82
02.12.2009	25,99	08.02.2010	26,16	13.04.2010	25,16	15.06.2010	25,67	19.08.2010	24,80
03.12.2009	25,82	09.02.2010	26,10	14.04.2010	25,05	16.06.2010	25,75	20.08.2010	24,80
04.12.2009	25,84	10.02.2010	26,11	15.04.2010	25,09	17.06.2010	25,71	23.08.2010	24,81
07.12.2009	25,72	11.02.2010	26,01	16.04.2010	25,18	18.06.2010	25,74	24.08.2010	24,89
08.12.2009	25,75	12.02.2010	26,02	19.04.2010	25,26	21.06.2010	25,77	25.08.2010	24,92
09.12.2009	25,75	15.02.2010	26,00	20.04.2010	25,31	22.06.2010	25,79	26.08.2010	24,86
10.12.2009	25,72	16.02.2010	26,02	21.04.2010	25,29	23.06.2010	25,73	27.08.2010	24,77
11.12.2009	25,73	17.02.2010	25,93	22.04.2010	25,37	24.06.2010	25,78	30.08.2010	24,81
14.12.2009	25,74	18.02.2010	25,72	23.04.2010	25,40	25.06.2010	25,80	31.08.2010	24,85
15.12.2009	26,10	19.02.2010	25,76	26.04.2010	25,43	28.06.2010	25,75	01.09.2010	24,74
16.12.2009	26,35	22.02.2010	25,76	27.04.2010	25,51	29.06.2010	25,75	02.09.2010	24,71

Příloha 1/4

Datum	Kurz	Datum	Kurz	Datum	Kurz	Datum	Kurz	Datum	Kurz
03.09.2010	24,70	09.11.2010	24,59	13.01.2011	24,37	17.03.2011	24,40	20.05.2011	24,48
06.09.2010	24,70	10.11.2010	24,62	14.01.2011	24,39	18.03.2011	24,39	23.05.2011	24,54
07.09.2010	24,73	11.11.2010	24,64	17.01.2011	24,34	21.03.2011	24,47	24.05.2011	24,58
08.09.2010	24,71	12.11.2010	24,63	18.01.2011	24,30	22.03.2011	24,45	25.05.2011	24,58
09.09.2010	24,68	15.11.2010	24,63	19.01.2011	24,26	23.03.2011	24,42	26.05.2011	24,64
10.09.2010	24,68	16.11.2010	24,61	20.01.2011	24,41	24.03.2011	24,55	27.05.2011	24,59
13.09.2010	24,67	18.11.2010	24,65	21.01.2011	24,29	25.03.2011	24,53	30.05.2011	24,51
14.09.2010	24,55	19.11.2010	24,72	24.01.2011	24,22	28.03.2011	24,55	31.05.2011	24,54
15.09.2010	24,62	22.11.2010	24,70	25.01.2011	24,23	29.03.2011	24,52	01.06.2011	24,50
16.09.2010	24,62	23.11.2010	24,69	26.01.2011	24,22	30.03.2011	24,53	02.06.2011	24,53
17.09.2010	24,68	24.11.2010	24,69	27.01.2011	24,24	31.03.2011	24,54	03.06.2011	24,45
20.09.2010	24,67	25.11.2010	24,73	28.01.2011	24,25	01.04.2011	24,51	06.06.2011	24,34
21.09.2010	24,66	26.11.2010	24,74	31.01.2011	24,23	04.04.2011	24,47	07.06.2011	24,22
22.09.2010	24,58	29.11.2010	24,76	01.02.2011	24,11	05.04.2011	24,44	08.06.2011	24,21
23.09.2010	24,62	30.11.2010	24,92	02.02.2011	24,13	06.04.2011	24,42	09.06.2011	24,14
24.09.2010	24,64	01.12.2010	24,96	03.02.2011	24,10	07.04.2011	24,44	10.06.2011	24,14
27.09.2010	24,58	02.12.2010	25,01	04.02.2011	24,01	08.04.2011	24,43	13.06.2011	24,14
29.09.2010	24,57	03.12.2010	25,02	07.02.2011	24,07	11.04.2011	24,44	14.06.2011	24,12
30.09.2010	24,61	06.12.2010	25,04	08.02.2011	24,02	12.04.2011	24,45	15.06.2011	24,22
01.10.2010	24,43	07.12.2010	25,07	09.02.2011	24,21	13.04.2011	24,40	16.06.2011	24,29
04.10.2010	24,47	08.12.2010	25,09	10.02.2011	24,25	14.04.2011	24,26	17.06.2011	24,13
05.10.2010	24,50	09.12.2010	25,08	11.02.2011	24,26	15.04.2011	24,21	20.06.2011	24,13
06.10.2010	24,54	10.12.2010	25,17	14.02.2011	24,24	18.04.2011	24,19	21.06.2011	24,21
07.10.2010	24,51	13.12.2010	25,17	15.02.2011	24,29	19.04.2011	24,13	22.06.2011	24,29
08.10.2010	24,49	14.12.2010	25,16	16.02.2011	24,33	20.04.2011	24,18	23.06.2011	24,35
11.10.2010	24,54	15.12.2010	25,16	17.02.2011	24,33	21.04.2011	24,19	24.06.2011	24,38
12.10.2010	24,53	16.12.2010	25,16	18.02.2011	24,38	22.04.2011	24,13	27.06.2011	24,44
13.10.2010	24,47	17.12.2010	25,22	21.02.2011	24,46	26.04.2011	24,11	28.06.2011	24,40
14.10.2010	24,44	20.12.2010	25,27	22.02.2011	24,50	27.04.2011	24,14	29.06.2011	24,35
15.10.2010	24,51	21.12.2010	25,26	23.02.2011	24,52	28.04.2011	24,13	30.06.2011	24,35
18.10.2010	24,54	22.12.2010	25,28	24.02.2011	24,53	29.04.2011	24,21	01.07.2011	24,32
19.10.2010	24,52	23.12.2010	25,31	25.02.2011	24,49	02.05.2011	24,18	04.07.2011	24,27
20.10.2010	24,50	27.12.2010	25,34	28.02.2011	24,35	03.05.2011	24,18	07.07.2011	24,28
21.10.2010	24,54	28.12.2010	25,36	01.03.2011	24,35	04.05.2011	24,21	08.07.2011	24,23
22.10.2010	24,63	29.12.2010	25,26	02.03.2011	24,29	05.05.2011	24,19	11.07.2011	24,18
25.10.2010	24,51	30.12.2010	25,23	03.03.2011	24,21	06.05.2011	24,10	12.07.2011	24,25
26.10.2010	24,62	31.12.2010	25,06	04.03.2011	24,31	09.05.2011	24,18	13.07.2011	24,40
27.10.2010	24,66	03.01.2011	25,09	07.03.2011	24,23	10.05.2011	24,23	14.07.2011	24,44
29.10.2010	24,61	04.01.2011	24,89	08.03.2011	24,23	11.05.2011	24,26	15.07.2011	24,49
01.11.2010	24,53	05.01.2011	24,87	09.03.2011	24,28	12.05.2011	24,28	18.07.2011	24,39
02.11.2010	24,50	06.01.2011	24,71	10.03.2011	24,37	13.05.2011	24,39	19.07.2011	24,49
03.11.2010	24,50	07.01.2011	24,57	11.03.2011	24,34	16.05.2011	24,38	20.07.2011	24,50
04.11.2010	24,41	10.01.2011	24,65	14.03.2011	24,34	17.05.2011	24,46	21.07.2011	24,41
05.11.2010	24,59	11.01.2011	24,55	15.03.2011	24,40	18.05.2011	24,50	22.07.2011	24,41
08.11.2010	24,58	12.01.2011	24,39	16.03.2011	24,38	19.05.2011	24,47	25.07.2011	24,39

Příloha 1/5

Datum	Kurz	Datum	Kurz	Datum	Kurz	Datum	Kurz	Datum	Kurz
26.07.2011	24,36	27.09.2011	24,48	02.12.2011	25,20	06.02.2012	24,98	10.04.2012	24,80
27.07.2011	24,29	29.09.2011	24,56	05.12.2011	25,14	07.02.2012	25,01	11.04.2012	24,82
28.07.2011	24,22	30.09.2011	24,76	06.12.2011	25,24	08.02.2012	24,80	12.04.2012	24,81
29.07.2011	24,19	03.10.2011	24,88	07.12.2011	25,35	09.02.2012	24,98	13.04.2012	24,75
01.08.2011	24,16	04.10.2011	24,91	08.12.2011	25,23	10.02.2012	25,25	16.04.2012	24,79
02.08.2011	24,23	05.10.2011	24,82	09.12.2011	25,48	13.02.2012	25,05	17.04.2012	24,81
03.08.2011	24,29	06.10.2011	24,85	12.12.2011	25,58	14.02.2012	25,09	18.04.2012	24,81
04.08.2011	24,31	07.10.2011	24,78	13.12.2011	25,61	15.02.2012	25,19	19.04.2012	24,85
05.08.2011	24,26	10.10.2011	24,78	14.12.2011	25,65	16.02.2012	25,27	20.04.2012	24,91
08.08.2011	24,20	11.10.2011	24,79	15.12.2011	25,54	17.02.2012	25,00	23.04.2012	25,05
09.08.2011	24,22	12.10.2011	24,80	16.12.2011	25,34	20.02.2012	24,91	24.04.2012	25,00
10.08.2011	24,09	13.10.2011	24,75	19.12.2011	25,30	21.02.2012	24,92	25.04.2012	24,81
11.08.2011	24,18	14.10.2011	24,74	20.12.2011	25,50	22.02.2012	25,17	26.04.2012	24,76
12.08.2011	24,19	17.10.2011	24,77	21.12.2011	25,62	23.02.2012	25,08	27.04.2012	24,87
15.08.2011	24,32	18.10.2011	24,91	22.12.2011	25,63	24.02.2012	25,03	30.04.2012	24,87
16.08.2011	24,39	19.10.2011	24,87	23.12.2011	25,82	27.02.2012	25,05	02.05.2012	24,91
17.08.2011	24,43	20.10.2011	24,90	27.12.2011	25,79	28.02.2012	24,90	03.05.2012	24,94
18.08.2011	24,42	21.10.2011	25,00	28.12.2011	25,83	29.02.2012	24,84	04.05.2012	25,02
19.08.2011	24,48	24.10.2011	24,99	29.12.2011	25,91	01.03.2012	24,89	07.05.2012	25,03
22.08.2011	24,49	25.10.2011	24,91	30.12.2011	25,80	02.03.2012	24,71	09.05.2012	25,25
23.08.2011	24,42	26.10.2011	24,93	02.01.2012	25,51	05.03.2012	24,78	10.05.2012	25,16
24.08.2011	24,50	27.10.2011	24,83	03.01.2012	25,68	06.03.2012	24,87	11.05.2012	25,25
25.08.2011	24,24	31.10.2011	24,80	04.01.2012	25,77	07.03.2012	24,87	14.05.2012	25,40
26.08.2011	24,17	01.11.2011	25,04	05.01.2012	25,91	08.03.2012	24,77	15.05.2012	25,52
29.08.2011	24,12	02.11.2011	25,15	06.01.2012	25,85	09.03.2012	24,72	16.05.2012	25,47
30.08.2011	24,10	03.11.2011	24,92	09.01.2012	25,82	12.03.2012	24,56	17.05.2012	25,51
31.08.2011	24,11	04.11.2011	25,00	10.01.2012	25,79	13.03.2012	24,59	18.05.2012	25,33
01.09.2011	24,15	07.11.2011	25,00	11.01.2012	25,84	14.03.2012	24,62	21.05.2012	25,23
02.09.2011	24,31	08.11.2011	25,18	12.01.2012	25,58	15.03.2012	24,56	22.05.2012	25,28
05.09.2011	24,46	09.11.2011	25,44	13.01.2012	25,44	16.03.2012	24,51	23.05.2012	25,51
06.09.2011	24,45	10.11.2011	25,50	16.01.2012	25,60	19.03.2012	24,53	24.05.2012	25,39
07.09.2011	24,45	11.11.2011	25,71	17.01.2012	25,65	20.03.2012	24,47	25.05.2012	25,43
08.09.2011	24,42	14.11.2011	25,74	18.01.2012	25,56	21.03.2012	24,63	28.05.2012	25,31
09.09.2011	24,43	15.11.2011	25,77	19.01.2012	25,31	22.03.2012	24,74	29.05.2012	25,51
12.09.2011	24,52	16.11.2011	25,59	20.01.2012	25,47	23.03.2012	24,73	30.05.2012	25,66
13.09.2011	24,55	18.11.2011	25,48	23.01.2012	25,35	26.03.2012	24,64	31.05.2012	25,70
14.09.2011	24,55	21.11.2011	25,58	24.01.2012	25,42	27.03.2012	24,61	01.06.2012	25,79
15.09.2011	24,53	22.11.2011	25,49	25.01.2012	25,37	28.03.2012	24,61	04.06.2012	25,74
16.09.2011	24,47	23.11.2011	25,64	26.01.2012	25,21	29.03.2012	24,78	05.06.2012	25,72
19.09.2011	24,64	24.11.2011	25,70	27.01.2012	25,16	30.03.2012	24,73	06.06.2012	25,57
20.09.2011	24,66	25.11.2011	26,03	30.01.2012	25,27	02.04.2012	24,77	07.06.2012	25,33
21.09.2011	24,93	28.11.2011	25,75	31.01.2012	25,19	03.04.2012	24,62	08.06.2012	25,49
22.09.2011	24,88	29.11.2011	25,54	01.02.2012	25,15	04.04.2012	24,60	11.06.2012	25,40
23.09.2011	24,87	30.11.2011	25,32	02.02.2012	25,15	05.04.2012	24,70	12.06.2012	25,68
26.09.2011	24,68	01.12.2011	25,28	03.02.2012	25,07	06.04.2012	24,63	13.06.2012	25,58

Příloha 1/6

Datum	Kurz	Datum	Kurz	Datum	Kurz	Datum	Kurz	Datum	Kurz
14.06.2012	25,54	20.08.2012	24,91	23.10.2012	24,91	28.12.2012	25,14	04.03.2013	25,66
15.06.2012	25,60	21.08.2012	24,78	24.10.2012	24,98	31.12.2012	25,14	05.03.2013	25,63
18.06.2012	25,51	22.08.2012	24,98	25.10.2012	24,91	02.01.2013	25,23	06.03.2013	25,57
19.06.2012	25,49	23.08.2012	24,91	26.10.2012	24,90	03.01.2013	25,26	07.03.2013	25,51
20.06.2012	25,46	24.08.2012	24,91	29.10.2012	25,02	04.01.2013	25,36	08.03.2013	25,45
21.06.2012	25,69	27.08.2012	24,85	30.10.2012	25,03	07.01.2013	25,54	11.03.2013	25,55
22.06.2012	25,78	28.08.2012	24,83	31.10.2012	25,07	08.01.2013	25,58	12.03.2013	25,66
25.06.2012	25,81	29.08.2012	24,81	01.11.2012	25,23	09.01.2013	25,53	13.03.2013	25,63
26.06.2012	25,96	30.08.2012	24,92	02.11.2012	25,24	10.01.2013	25,63	14.03.2013	25,62
27.06.2012	25,92	31.08.2012	24,84	05.11.2012	25,24	11.01.2013	25,62	15.03.2013	25,58
28.06.2012	25,81	03.09.2012	24,90	06.11.2012	25,30	14.01.2013	25,62	18.03.2013	25,62
29.06.2012	25,64	04.09.2012	24,89	07.11.2012	25,40	15.01.2013	25,61	19.03.2013	25,65
02.07.2012	25,52	05.09.2012	24,79	08.11.2012	25,43	16.01.2013	25,58	20.03.2013	25,68
03.07.2012	25,56	06.09.2012	24,71	09.11.2012	25,39	17.01.2013	25,54	21.03.2013	25,81
04.07.2012	25,50	07.09.2012	24,59	12.11.2012	25,36	18.01.2013	25,63	22.03.2013	25,84
09.07.2012	25,54	10.09.2012	24,54	13.11.2012	25,45	21.01.2013	25,63	25.03.2013	25,73
10.07.2012	25,43	11.09.2012	24,55	14.11.2012	25,49	22.01.2013	25,61	26.03.2013	25,80
11.07.2012	25,40	12.09.2012	24,45	15.11.2012	25,58	23.01.2013	25,60	27.03.2013	25,81
12.07.2012	25,44	13.09.2012	24,48	16.11.2012	25,53	24.01.2013	25,60	28.03.2013	25,73
13.07.2012	25,40	14.09.2012	24,44	19.11.2012	25,42	25.01.2013	25,61	29.03.2013	25,74
16.07.2012	25,39	17.09.2012	24,50	20.11.2012	25,40	28.01.2013	25,70	02.04.2013	25,88
17.07.2012	25,34	18.09.2012	24,82	21.11.2012	25,49	29.01.2013	25,66	03.04.2013	25,83
18.07.2012	25,28	19.09.2012	24,86	22.11.2012	25,42	30.01.2013	25,66	04.04.2013	25,82
19.07.2012	25,33	20.09.2012	24,91	23.11.2012	25,35	31.01.2013	25,62	05.04.2013	25,77
20.07.2012	25,57	21.09.2012	24,80	26.11.2012	25,29	01.02.2013	25,64	08.04.2013	25,73
23.07.2012	25,59	24.09.2012	24,94	27.11.2012	25,31	04.02.2013	25,67	09.04.2013	25,76
24.07.2012	25,54	25.09.2012	24,92	28.11.2012	25,27	05.02.2013	25,65	10.04.2013	25,87
25.07.2012	25,56	26.09.2012	24,99	29.11.2012	25,23	06.02.2013	25,74	11.04.2013	25,93
26.07.2012	25,51	27.09.2012	24,87	30.11.2012	25,26	07.02.2013	25,27	12.04.2013	25,87
27.07.2012	25,31	01.10.2012	25,08	03.12.2012	25,25	08.02.2013	25,24	15.04.2013	25,87
30.07.2012	25,25	02.10.2012	25,05	04.12.2012	25,25	11.02.2013	25,24	16.04.2013	25,87
31.07.2012	25,26	03.10.2012	25,04	05.12.2012	25,23	12.02.2013	25,32	17.04.2013	25,86
01.08.2012	25,36	04.10.2012	24,96	06.12.2012	25,20	13.02.2013	25,42	18.04.2013	25,88
02.08.2012	25,26	05.10.2012	24,91	07.12.2012	25,20	14.02.2013	25,39	19.04.2013	25,86
03.08.2012	25,28	08.10.2012	24,91	10.12.2012	25,24	15.02.2013	25,39	22.04.2013	25,93
06.08.2012	25,17	09.10.2012	24,94	11.12.2012	25,29	18.02.2013	25,39	23.04.2013	25,91
07.08.2012	25,12	10.10.2012	24,95	12.12.2012	25,26	19.02.2013	25,44	24.04.2013	25,91
08.08.2012	25,17	11.10.2012	24,94	13.12.2012	25,29	20.02.2013	25,40	25.04.2013	25,90
09.08.2012	25,14	12.10.2012	24,96	14.12.2012	25,23	21.02.2013	25,50	26.04.2013	25,74
10.08.2012	25,20	15.10.2012	24,93	17.12.2012	25,22	22.02.2013	25,50	29.04.2013	25,70
13.08.2012	25,15	16.10.2012	24,88	18.12.2012	25,20	25.02.2013	25,53	30.04.2013	25,80
14.08.2012	25,04	17.10.2012	24,80	19.12.2012	25,25	26.02.2013	25,56	02.05.2013	25,67
15.08.2012	24,97	18.10.2012	24,75	20.12.2012	25,23	27.02.2013	25,64	03.05.2013	25,64
16.08.2012	24,91	19.10.2012	24,82	21.12.2012	25,19	28.02.2013	25,64	06.05.2013	25,69
17.08.2012	25,02	22.10.2012	24,90	27.12.2012	25,10	01.03.2013	25,68	07.05.2013	25,75

Příloha 1/7

Datum	Kurz	Datum	Kurz	Datum	Kurz	Datum	Kurz	Datum	Kurz
09.05.2013	25,79	25.06.2013	25,80	12.08.2013	25,88	26.09.2013	25,81	13.11.2013	27,06
10.05.2013	25,81	26.06.2013	25,86	13.08.2013	25,88	27.09.2013	25,69	14.11.2013	27,17
13.05.2013	25,85	27.06.2013	25,90	14.08.2013	25,82	30.09.2013	25,74	15.11.2013	27,15
14.05.2013	25,89	28.06.2013	25,95	15.08.2013	25,82	01.10.2013	25,65	18.11.2013	27,13
15.05.2013	26,01	01.07.2013	25,98	16.08.2013	25,80	02.10.2013	25,61	19.11.2013	27,35
16.05.2013	25,98	02.07.2013	25,99	19.08.2013	25,86	03.10.2013	25,56	20.11.2013	27,33
17.05.2013	25,99	03.07.2013	26,02	20.08.2013	25,78	04.10.2013	25,56	21.11.2013	27,20
20.05.2013	26,12	04.07.2013	26,05	21.08.2013	25,78	07.10.2013	25,51	22.11.2013	27,26
21.05.2013	26,10	08.07.2013	25,95	22.08.2013	25,74	08.10.2013	25,52	25.11.2013	27,27
22.05.2013	26,07	09.07.2013	25,87	23.08.2013	25,67	09.10.2013	25,61	26.11.2013	27,33
23.05.2013	26,10	10.07.2013	25,93	26.08.2013	25,63	10.10.2013	25,53	27.11.2013	27,34
24.05.2013	26,00	11.07.2013	25,91	27.08.2013	25,76	11.10.2013	25,53	28.11.2013	27,35
27.05.2013	25,96	12.07.2013	25,98	28.08.2013	25,72	14.10.2013	25,55	29.11.2013	27,39
28.05.2013	25,89	15.07.2013	26,02	29.08.2013	25,68	15.10.2013	25,62	02.12.2013	27,41
29.05.2013	25,90	16.07.2013	25,95	30.08.2013	25,74	16.10.2013	25,68	03.12.2013	27,46
30.05.2013	25,80	17.07.2013	25,96	02.09.2013	25,69	17.10.2013	25,70	04.12.2013	27,46
31.05.2013	25,71	18.07.2013	25,93	03.09.2013	25,72	18.10.2013	25,78	05.12.2013	27,45
03.06.2013	25,75	19.07.2013	25,95	04.09.2013	25,78	21.10.2013	25,81	06.12.2013	27,49
04.06.2013	25,78	22.07.2013	25,98	05.09.2013	25,74	22.10.2013	25,73	09.12.2013	27,50
05.06.2013	25,86	23.07.2013	25,98	06.09.2013	25,76	23.10.2013	25,82	10.12.2013	27,45
06.06.2013	25,78	24.07.2013	25,94	09.09.2013	25,83	24.10.2013	25,78	11.12.2013	27,44
07.06.2013	25,57	25.07.2013	25,95	10.09.2013	25,84	25.10.2013	25,75	12.12.2013	27,48
10.06.2013	25,68	26.07.2013	25,95	11.09.2013	25,78	29.10.2013	25,75	13.12.2013	27,54
11.06.2013	25,62	29.07.2013	25,91	12.09.2013	25,82	30.10.2013	25,75	16.12.2013	27,60
12.06.2013	25,67	30.07.2013	25,85	13.09.2013	25,78	31.10.2013	25,72	17.12.2013	27,66
13.06.2013	25,73	31.07.2013	25,86	16.09.2013	25,77	01.11.2013	25,85	18.12.2013	27,72
14.06.2013	25,72	01.08.2013	25,96	17.09.2013	25,72	04.11.2013	25,84	19.12.2013	27,65
17.06.2013	25,73	02.08.2013	25,95	18.09.2013	25,81	05.11.2013	25,84	20.12.2013	27,66
18.06.2013	25,68	05.08.2013	25,94	19.09.2013	25,74	06.11.2013	25,79	23.12.2013	27,58
19.06.2013	25,69	06.08.2013	25,92	20.09.2013	25,83	07.11.2013	26,85	27.12.2013	27,44
20.06.2013	25,80	07.08.2013	25,98	23.09.2013	25,92	08.11.2013	26,97	30.12.2013	27,45
21.06.2013	25,82	08.08.2013	25,82	24.09.2013	25,93	11.11.2013	27,00	31.12.2013	27,43
24.06.2013	25,87	09.08.2013	25,93	25.09.2013	25,88	12.11.2013	27,01		

Ocenění a stanovení efektu ze strategie long straddle

Ditribuční funkce normovaného normálního rozdělení

```
D1[spot_, exercise_, vol_, r_, q_, timeto_] :=
  ((r - q) * timeto + Log[spot / exercise]) / (vol * Sqrt[timeto]) + (vol * Sqrt[timeto]) / 2;
D2[spot_, exercise_, vol_, r_, q_, timeto_] :=
  ((r - q) * timeto + Log[spot / exercise]) / (vol * Sqrt[timeto]) - (vol * Sqrt[timeto]) / 2;

NORM[x_] := (1 + Erf[x / Sqrt[2]]) / 2
```

Cena put opce

```
BlackScholesPut[spot_, exercise_, vol_, r_, q_, timeto_] :=
  If[timeto > 0,
   exercise * Exp[-r * timeto] * NORM[-D2[spot, exercise, vol, r, q, timeto]] -
    spot * Exp[-q * timeto] * NORM[-D1[spot, exercise, vol, r, q, timeto]],
   Min[exercise - spot, 0]];
```

Cena call opce

```
BlackScholesCall[spot_, exercise_, vol_, r_, q_, timeto_] :=
  If[timeto > 0, spot * Exp[-q * timeto] * NORM[D1[spot, exercise, vol, r, q, timeto]] -
    exercise * Exp[-r * timeto] * NORM[D2[spot, exercise, vol, r, q, timeto]],
   Max[spot - exercise, 0]];
```

Zajištění long straddle

```
p1 = BlackScholesPut[S0, X, smodchr, Pribor, Euribor, dt]

0.242335

d1 = X - price;

VHput1 = Table[Table[Max[d1[[k, j]], 0], {j, 1, 10^k}], {k, 1, 6}];

c1 = BlackScholesCall[S0, X, smodchr, Pribor, Euribor, dt]

0.242335

u1 = price - X;

VHcall1 = Table[Table[Max[u1[[k, j]], 0], {j, 1, 10^k}], {k, 1, 6}];

LongStraddle = Efpo + VHcall1 * 100 000 * q - 100 000 * c1 * q * Exp[Pribor * 1 / 12];
```